

大连市长兴岛临港工业区生态脆弱性现状分析^{*}

李莉^{1,2}, 张华^{1,2}

(1 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心 大连 116029;

2 辽宁师范大学自然地理与空间信息科学辽宁省重点实验室 大连 116029)

摘 要: 基于GIS技术的支持,以公里网格为评价单元,采用土壤流失USLE方程和海水入侵灾害危险性评价的数学模型,从土壤侵蚀强度和海水入侵危险性角度来分析大连市长兴岛临港工业区生态脆弱性现状。结果表明:研究区86.28%的土地面积发生土壤侵蚀,侵蚀级别属微度侵蚀和轻度侵蚀,平均土壤侵蚀模数为355.96 t/(km²·a);114.84 km²的区域面积发生海水入侵,占总面积的32.86%,其中海水入侵高度危险区占60.13%,主要分布在长兴岛中部地区。

关键词: 生态脆弱性; 土壤侵蚀; 海水入侵; 长兴岛临海工业区; 大连市

生态脆弱性是指在特定空间区域内,在自然或人类活动的驱动下,生态环境所表现出的易变性,这种变化往往是向不利于自身和人类生存、发展及利用的方向发展。生态环境脆弱性最主要的特征是其系统的不稳定性和对外界干扰的敏感性^[1-2]。海岛处于海陆相互作用的动力敏感地带,敏感性强、稳定性差、生态环境脆弱。近年来,随着海岛开发热的兴起,不少沿海地区开展了海岛资源开采、海岛放牧和海岛旅游等一系列活动,但由于海岛立法滞后,政府管理缺位,加之缺乏系统科学的海岛开发利用和保护规划,海岛开发对海岛生态环境产生了一些负面影响^[3]。多年的实践表明,海岛开发对脆弱的海岛生态损害的程度、速度极为惊人,如不加强对海岛脆弱性的研究,很容易导致难以估量的损失^[3]。目前,海岛生态脆弱性评价在国内外还处于探索阶段,评价案例尚不多见。

2005年6月大连市长兴岛临港工业区成立,2006年1月,被纳入辽宁省沿海“五点一线”对外开放战略重要一环,予以重点开发。人类大规模的介入,必会影响脆弱的大连市长兴岛临港工业区原有生态系统平衡,掌握大连市长兴岛临港工业区生态脆弱程度是十分必要的。

土壤侵蚀、海水入侵是当今许多沿海国家面临的一种最普遍、持续性最强的地质灾害。因此,笔者基于GIS的空间分析功能,采用土壤流失RUSLE方程、海水入侵灾害危险性评价的数学模型,从土壤侵蚀度和海水入侵危险性两个方面分析大连市长兴岛临港工业区的生态脆弱性现状,为大连市长兴岛临港工业区生态环境保护与恢复重建提供依据,以实现该区资源环境与社会经济的可持续发展。

1 研究区概况

大连长兴岛临港工业区位于渤海湾辽宁省大连市一侧岸线的中端,由长兴岛、交流岛、凤鸣岛、西中岛和骆驼岛5个岛屿组成,总面积为349.5 km²,其中长兴岛本岛面积252.5 km²,环岛岸线长96.1 km,地理位置为(39°29'26"N ~ 39°39'15"N, 121°32'11"E ~ 121°13'19"E)。从地貌类型上看,长兴岛拥有喀斯特侵蚀台地、丘陵、低山等地貌类型,西部较高,中东部较低,平均海拔55 m;其他4岛则是以海蚀冲击平原、海滩和侵蚀剥蚀低山地貌类型为主。研究区地处北温带,属海洋性特点的大陆性季风气候,年降水量在600 mm左右,是地下水的主要补给源。石英岩、碳酸岩和石英夹板岩在研究区

广泛分布，海岸线以基岩海岸和淤泥质海岸为主，总长 186 km，棕壤是其地带性土壤。大连市长兴岛临港工业区现辖长兴岛街道、交流岛街道（长兴岛街道、交流岛街道行政区划属瓦房店市，先后划归长兴岛临港工业区代管）。

2 研究方法

2.1 土壤侵蚀强度评价方法

笔者基于 GIS 技术的支持，以千米网格为评价单元，采用美国通用水土流失方程（Universal Soil Loss Equation, USLE)^[4-5]，对研究区进行土壤侵蚀强度评价。水土流失方程为

$$A = f \times R \times K \times L_s \times C \times P$$

式中： A 为单位面积单位时间土壤侵蚀量 [$t / (km^2 \cdot a^{-1})$]，即土壤侵蚀模数； $f = 224.2$ ； R 为降雨侵蚀力 [$J \cdot (cm/m^2 \cdot h^{-1})$]； K 为土壤可蚀性因子； L_s 为地形因子； C 为作物覆盖与管理因子； P 为水土保持工程措施因子。

2.2 海水入侵危险性评价方法

笔者依据研究区数据和海水入侵的特点，选取地下水类型、含水层岩性、多年年均降雨量、土壤类型、海拔高度 5 个自然因子和地区用水量、人类工程活动强度两个人为因子建立评价指标体系。基于 GIS 技术的支持，以千米网格为评价单元，同时运用海水入侵灾害危险性评价的数学模型^[6]，对研究区进行海水入侵危险性评价。海水入侵灾害危险性评价的数学模型为

$$H = \sum A_i \times N_i \quad (i = 1, 2, \dots, 7)$$

式中： H 为危险性指数； A_i 为评价因子权重。采用层次分析法（AHP 软件 yaahpSetup_0.5.0 确定）得到各个评价因子权重（表 1）； N_i 为评价因子归一化后的数据。采用式（1）、式（2）对数据进行了归一化处理，评价因子与评价目标呈正向变化采用式（1）进行归一化；呈反向变化采用式（2）进行归一化处理。

$$X = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}), \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

$$X = 1 - (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}), \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

表 1 海水入侵评价因子权重数据

因子	权重
含水层岩性	0.3030
地下水类型	0.1663
年均降雨量	0.1257
土壤类型	0.0747
海拔高度	0.0989
地区用水量	0.1273
人类工程活动强度	0.1042

2.3 数据赋值

在土壤侵蚀强度计算中，降雨侵蚀力 R 采用公式 $MFI = \sum P_i^2 / P$ 和 $R = (a \times MFI) + b$ 计算。式中， R 为降雨侵蚀力 [$J \cdot cm / (m^2 \cdot h^{-1})$]； P_i 为月降雨量 (mm)， P 为年降水量 (mm)， a 取值 4.71， b 取值 -152；每个千米网格的 L_s 是在 GIS 支持下，利用大连市 1:18 万地形图生成的 DEM 数据作为地形起伏度的数据源生成；不同土壤类型的 K 值、 C 值，不同水土保持工程措施的 P 值是参照已有的研究成果^[7-11]，结合大连市特点，生成各公里网格数据。

在海水入侵计算中，岩性及地下水类型数据是采用伏捷^[12]等在大连市海水入侵灾害性评价文章中应用的相应赋值。

3 研究区生态脆弱性分析

3.1 土壤侵蚀强度分析

3.1.1 土壤侵蚀强度整体状况分析

根据水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007) 制定的土壤侵蚀强度分级标准，对研究区的土壤侵蚀强度进行划分，统计了各土壤侵蚀等级的面积（表 2）。

土壤侵蚀强度数据如表 2 所示。可以看出，研究区土壤侵蚀级别属于微度侵蚀和轻度侵蚀，无中度和强度土壤侵蚀现象，土壤侵蚀模数为 $355.96 t / (km^2 \cdot a^{-1})$ ，土壤侵蚀强度不大；但研究区 86.28% 土地面积发生土壤侵蚀，48.19% 的土壤侵蚀面积发生轻度侵蚀，土壤侵蚀覆盖范围较广。

表 2 土壤侵蚀强度数据

侵蚀级别	分级标准/ (t ° km ⁻² ° a ⁻¹)	侵蚀模数/ (t ° km ⁻² ° a ⁻¹)	侵蚀面积/km ²	侵蚀总量/ (t ° a ⁻¹)	面积百分比/ %
微度侵蚀	A < 200	73.44	133.10	9 774.86	38.08
轻度侵蚀	200 ≤ A < 2 500	481.90	168.43	81 166.42	48.19
中度侵蚀	2 500 ≤ A < 5 000	—	—	—	—
强度侵蚀	5 000 ≤ A < 8 000	—	—	—	—
合计	—	555.34	301.53	—	86.27

3.1.2 不同土地利用类型土壤侵蚀分析

不同土地利用类型土壤侵蚀数据如表 3 所示。可以看出, 研究区土壤侵蚀现象主要分布在耕地、林地、未利用地上, 以轻度侵蚀为主; 其次是建筑用地、盐地、水体, 以微度侵蚀为主; 草地与园地仅有少量分布。其中, 耕地发生土壤侵蚀的面积最大, 为 95.38 km², 占侵蚀总面积的 31.63%, 这是因研究区是低山丘陵

区, 耕地以坡耕地为主, 坡耕地的耕作造成土壤大面积的流失; 其次是林地, 占侵蚀总面积的 27.04%, 这是因林地中坡度较大的地方分布大量的有林地与疏林地而致; 荒山、秃山使得土壤侵蚀在未利用地有一定的分布, 占侵蚀总面积的 16.67%; 农村用地、工业用地、交通用地的不合理的开采使得植被遭到破坏, 使建筑用地有一定的土壤侵蚀分布。

表 3 不同土地利用类型土壤侵蚀数据

土地利用类型		微度侵蚀	轻度侵蚀	二级地类侵蚀	侵蚀总面积	百分比/ %
一级地类	二级地类	面积/ km ²	面积/ km ²	总面积/ km ²	积/ km ²	
耕地	灌溉水田	0.78	0.01	0.79	95.38	27.29
	其他耕地	37.23	57.36	94.59		
林地	有林地	12.27	32.95	45.22	81.52	23.32
	灌木林	0.60	8.83	9.43		
	疏林地	0.52	15.94	16.46		
	其他林地	1.94	8.47	10.41		
草地	—	0.04	0	0.04	0.04	0.01
园地	果园	2.56	7.02	9.58	9.78	2.80
	其他园地	0.01	0.19	0.2		
建筑用地	城镇用地	0	0	0	14.35	4.11
	农村用地	7.09	6.13	13.22		
	工矿用地	0.61	0.32	0.93		
	交通用地	0.12	0.08	0.2		
未利用地	—	21.75	28.51	50.26	50.26	14.38
盐地	—	29.22	0.60	29.82	29.82	8.53
水体	—	17.98	2.40	20.38	20.38	5.83
合计	—	132.72	168.81	301.53	301.53	86.27

3.2 海水入侵危险性分析

关于海水入侵危险性等级没有统一标准, 因此这里依据研究区特点将其海水入侵危险性分为无危险性、轻度危险性、中度危险性和高

度危险性 4 个等级。基于上述方法对研究区海水入侵进行评价, 统计出研究区海水入侵危险性数据 (表 4)。

海水入侵危险性评价数据如表 4 所示。可

可以看出, 研究区发生海水入侵的面积为 114 88 km², 占研究区总面积的 32 86%。其中, 海水入侵高度危险区所占比例最大, 占海水入侵总面积的 60 13%, 主要分布在长兴岛中部地区, 且海水入侵深度已南北贯通长兴岛, 这主要因该区域岩性是碳酸岩, 与之相应的地下水类型是碳酸岩类岩溶水, 这种地下水类型是大连市最有开采意义的, 也是最易受海水入侵影响的; 海水入侵中度危险区的面积较小, 仅为 3 31 km², 但其平均危险性指数为 0 59, 有演化成高度危险区之势; 海水入侵轻度危险区的面积为 42 48 km², 占研究区总面积的 12 15%, 主要分布在长兴岛的东南部、高度危险区的四周, 交流岛西海岸也有少量分布。

表 4 海水入侵危险性评价数据

危险性等级	分级标准	网格数	平均危险性指数	面积 / km ²
无危险性	$0 < h < 0.4$	70	0.32	234.64
轻度危险性	$0.4 \leq h < 0.5$	5	0.46	42.48
中度危险性	$0.5 \leq h < 0.6$	47	0.59	3.31
高度危险性	$0.6 \leq h < 1.0$	293	0.70	69.06

4 结束语

本研究从海岸城市发生的两种主要灾害: 土壤侵蚀和海水入侵灾害对大连市长兴岛临港工业区的生态脆弱性进行评价, 结果显示, 研究区生态安全受到一定的威胁, 尤其是长兴岛中部地区, 土壤侵蚀和海水入侵灾害有大面积的分布, 这主要是由于研究区开垦荒地、修建工程设施和生产生活用水持续加大、地下水过量开采等破坏天然植被和地下水资源而造成生境恶化。大连市长兴岛临港工业区是辽宁省、大连市为贯彻实施中央政府提出的振兴东北地区等老工业基地和进一步扩大东北地区对外开放这一国家战略而决定开发建设的, 是辽宁省实施“五点一线”沿海经济带建设战略的龙头地区。2006年后对其进行大规模开发与建设, 计划在未来 10~15 年将其建设成人口规模将达到 100 万人, 具有大型综合性深水港口、新型

现代化临港工业体系和综合服务体系的具有新加坡城市规划特点的新兴港口城市。这种大规模开发与建设, 必然会加大对其生态环境的影响。为此, 今后应加强对大连市长兴岛临海工业区的生态脆弱性评价, 以了解大连市长兴岛临海工业区生态安全状况及发展潜力, 减少海岛建设与开发等干扰对该区生态环境的破坏, 促进其生态系统稳定, 避免造成生态资源的损失, 维护该区生态安全和可持续发展。

参考文献

- [1] 王介勇, 赵庚星. 黄河三角洲生态环境脆弱性分析[J]. 国土与自然资源研究, 2005, 3(1): 53-55.
- [2] 周嘉慧, 黄晓霞. 生态脆弱性评价方法评述[J]. 云南地理环境研究, 2008, 20(1): 55-59.
- [3] 冷悦山, 孙书贤, 王宗灵, 等. 海岛生态环境的脆弱性分析与调控对策[J]. 海岸工程, 2008, 27(2): 58-64.
- [4] WISCHMEIER W H A soil erodibility nomograph farmland and construction sites[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971, 26: 189-193.
- [5] 何兴元, 胡志斌, 李月辉, 等. GIS支持下岷江上游土壤侵蚀动态研究应用[J]. 生态学报, 2005, 16(12): 2271-2277.
- [6] 杨燕雄, 高树勇, 谢亚琼. 秦皇岛市海水入侵灾害评价及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 9(3): 139-143.
- [7] 杨圣军, 冯凤玲, 杨雪白, 等. 基于RS与GIS的龙口市土壤侵蚀评价研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 101-103.
- [8] 王万忠, 焦菊英. 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 1-20.
- [9] 赵跃龙. 中国脆弱生态环境类型分布及其综合治理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [10] UNCOD Case studies desertification[M]. UNESCO, 1980.
- [11] UNEP Status of desertification and implementation of the united nations plan of action to combat desertification[M]. UNEP, 1992.
- [12] 伏捷, 李永化, 张戈, 等. 大连市海水入侵灾害危险性评价[J]. 海洋开发与管理, 2009, 26(9): 38-42.