

# 辽河三角洲湿地区域生态风险评价

付在毅<sup>1</sup>, 许学工<sup>1</sup>, 林辉平<sup>1</sup>, 王宪礼<sup>2</sup>

(1. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

**摘要:**生态风险评价区别于生态影响评价的重要特征在于其强调不确定性因素的作用, 区域生态风险评价相对于一般生态风险评价而言, 其所涉及的风险源以及评价受体等都在区域内具有空间异质性, 即具有区域分异现象, 因而更具复杂性。以辽河三角洲湿地(盘锦市)为研究范围进行区域生态风险评价理论和方法的探讨。针对辽河三角洲主要生态风险源洪涝、干旱、风暴潮灾害和油田污染事故的概率进行了分级评价; 并提出度量生态环境重要性和脆弱性的指标, 分析了风险源的危害作用; 运用遥感资料和地理信息系统(GIS)技术, 完成了区域生态风险综合评价。

**关键词:**区域生态风险评价; 辽河三角洲; 湿地

## Regional ecological risk assessment of in the Liaohe River Delta wetlands

FU Zai-Yi<sup>1</sup>, XU Xue-Gong<sup>1</sup>, LIN Hui-Ping<sup>1</sup>, WANG Xian-Li<sup>2</sup> (1. Department Of Geography, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, China )

**Abstract:** Ecological risk assessment is a new study field. Its objective is to estimate the possibility and magnitude in which some undesired ecological events will occur by using mathematics, probability and other risk analysis techniques. Regional ecological risk assessment is one branch of ecological risk assessment, for which both the receptors and sources of risk must be in regional scale, and the exposure and effects assessment must account their uncertainty and spatial heterogeneity. In the case study of the Liaohe River Delta wetlands, this article inquires into the theory and method of regional ecological risk assessment.

First, we select birds and their habitats as risk receptors after analyzed the landscape framework and ecological function of the wetlands.

Second, we define the mainly risk sources in this region including flood, drought, storm tide and oil pollution events. According to the statistic of the region, the probability and distributing of each kind of risk sources are gained.

Third, the habitat receptor is exposed under risk sources and contacts with bird receptor. Risk sources will affect the habitat elements and the birds will be harmed. In the exposure and hazard analysis, we use ecological index to denote the important degree of each habitat, use fragile index to show their features of anti-risk. Hazard consequences are analyzed, which formed by different risk sources. In order to compare the risk brought by different risk source, we use AHP method to get the weigh of each kind of risk sources.

Finally, risk assessment is the integrated phase of the research. Because of the spatial heterogeneity of risk sources, all risk sources are overlaid in the region, which divides the region into 122 risk areas. Within each risk area there is homogeneous for risk sources but heterogeneous for habitats. So we can get

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(49631040)

收稿日期: 1999-09-21; 修订日期: 2000-05-01

作者简介: 付在毅(1961~), 四川人, 硕士, 工程师。主要从事资源与环境、地理信息系统研究。

the ecological index and fragile index of each risk area according to the types of habitats in it, then combine probability and weigh of risk sources to calculate risk value of each risk area.

According to the risk value of each risk area, the wetland region in Liaohe River Delta is divided into five levels of risk zones. The result of assessment provides scientific basis for environmental risk management of the Liaohe River Delta.

**Key words:** regional ecological risk assessment; Liaohe River Delta; wetlands

文章编号:1000-0933(2001)03-0365-09 中图分类号:Q149 文献标识码:A

生态风险评价是伴随着环境管理目标和环境观念的转变而逐渐兴起并得到发展的一个新的研究领域。工业国家一度追求的“零风险”环境管理逐渐暴露出其弱点,从而产生了风险管理的环境政策。生态风险评价是为风险管理提供科学依据的,因而受到国内外学术界和环境管理者的重视,并成为—个研究热点<sup>[1]</sup>。

生态风险评价利用环境学、生态学、地理学、生物学等多学科的综合知识,采用数学、概率论等风险分析技术手段来预测、分析和评价具有不确定性的灾害或事件对生态系统及其组分可能造成的损伤。其区别于一般生态影响评价的重要特征在于强调不确定性因素的作用,在整个分析过程中要求对不确定性因素进行定性和定量化研究,并在评价结果中体现风险程度。

区域生态风险评价是生态风险评价的一个分支。它是在区域尺度上描述和评价环境污染、人为活动或自然灾害对区域内的生态系统结构和功能等产生不利作用的可能性和危害程度。与单一地点的生态风险评价相比,其所涉及的风险源以及评价受体等都在区域内具有空间异质性,即存在区域分异现象和规律,这就使其更具复杂性。

本文以辽河三角洲湿地为例,借鉴国内外有关生态风险评价的理论和方法<sup>[2~5]</sup>,进行区域生态风险评价的探讨。

## 1 研究区的界定与分析

辽河三角洲是我国七大江河三角洲之一,其顶端在辽宁省盘锦市的六间房,东起盖县大清河口,西至锦县小凌河口,由三角洲平原、河口湾及其毗邻的辽东湾浅海组成。在行政区划上包括盘锦市绝大部分和营口、锦州市域的少部分地区。其中盘锦市位于辽河三角洲的核心地带,是辽河三角洲的主体部分,面积为3959km<sup>2</sup>。为区域环境管理方便,本文以盘锦市域作为辽河三角洲的研究区。

### 1.1 辽河三角洲区域背景

辽河三角洲(盘锦市)位于40°39'~41°27'N,121°25'~122°31'E之间,属于暖温带北部半湿润大陆性季风气候区。地质构造为中生代下辽河断陷盆地,历史上整体下降和多次海侵,形成巨厚的第四纪沉积层并蕴藏着丰富的石油与天然气。地貌为三角洲冲积海积平原,地势平坦,地面高程一般<7m。区内共有大小河流21条,其中较大的是辽河、大辽河、绕阳河和大凌河,平原河曲发育,自然和人工湿地广布。本区海岸线长118km,有泥质滩涂604km<sup>2</sup>,浅海水域分布着蛤蜊岗、黄沙岗等众多水下沙洲。

在经济上,这里是我国重要的石油基地和粮食、芦苇生产基地。辽河油田是我国第三大油田,在地区经济中也起着支柱作用。盘锦市域内有14个二级油田,其中高升、曙光、欢喜岭、兴隆台油田的规模较大,而且主要分布在湿地范围内。辽河三角洲也是国家重要的商品粮基地,全市共有耕地面积1327.06km<sup>2</sup>,其中水田占耕地总面积的86.35%<sup>①</sup>。是我国北方重要的水稻基地。这里还有亚洲最大、世界第二大苇田,总面积达800km<sup>2</sup>。

### 1.2 湿地及区域景观结构

辽河三角洲在大辽河、双台子河、大凌河等河流和海洋的交互作用下形成了面积巨大的湿地生态系

① 盘锦市统计局,辽宁省盘锦市社会经济统计资料(1997),1998.

统。根据 Ramsar《湿地公约》对湿地的定义<sup>[6]</sup>,盘锦市陆域湿地面积达 3022km<sup>2</sup>,占土地总面积的 76%。其中河流湿地、河口湿地、滨海湿地、沼泽芦苇湿地、草甸湿地、灌丛疏林湿地等自然湿地共计 1532 km<sup>2</sup>,占 50.7%,水稻田、水库与水工建筑、盐田、虾池等人工湿地有 1490 km<sup>2</sup>,占 49.3%。湿地的生态功能表现在蓄水调洪,营养物的滞留、去除和转化,消浪减能、保护海岸线的稳定,同时是高生产力的生态系统和野生动物的栖息地和繁殖地。区内设有辽宁双台子河口国家级自然保护区,重点保护丹顶鹤等珍稀水禽及其赖以生存的湿地环境。

在综合考虑辽河三角洲土地利用、土地覆被和人为活动影响的基础上,运用遥感资料和 GIS 技术编制了本区的景观类型图,对景观类型及景观结构的调查分析,是区域生态风险评价的基础。

2 风险受体分析

受体即风险承受者,在风险评价中指生态系统中可能受到来自风险源干扰的不利作用的组成部分<sup>[7]</sup>。区域生态风险评价的评价对象是区域内的生态系统。生态系统可以分为物种、种群、群落和生态系统等多级层次,每级层次又由许多个体组成,它们之间是相互联系的。风险因子的干扰既使只作用于某一层次的某一组分,也可能通过它的变化导致生态系统整体功能的损伤,使区域环境质量恶化。鉴于区域生态系统的复杂性,通常选取那些对风险因子的作用较为敏感,或在生态系统中具有重要作用和地位的关键物种、种群、群落或重要生态过程作为风险因子作用的受体,用受体的风险来推断、分析或代表整个区域的生态风险。

2.1 受体的选取

辽河三角洲湿地广布,有许多珍稀水禽和标志性物种,对生态系统具有明显的指示意义。以物种而言,受体的选取依据为:①在区域生态系统的食物链和食物网中地位重要;②对环境质量要求较高,能迅速对各种干扰作出敏锐的反应;③是国家重点保护物种、濒危物种、或本区特有种;④是区域内某一生境、景观或生态系统的标志性物种。

根据这一标准,可以考虑选取栖息于辽河三角洲湿地区域的鸟类为风险受体,尤其是重要的保护水禽丹顶鹤、黑嘴鸥、白鹤、白鹳等夏候鸟或旅鸟以及雁鸭类和 鹈类等。据多年调查,双台河口自然保护区共纪录到鸟类 236 种,隶属于 17 目 46 科 124 属。其中,国家一级保护鸟类 4 种,二级保护鸟类 28 种,有《中日候鸟保护协定》规定的保护鸟类 145 种,《中澳候鸟保护协定》规定的保护鸟类 46 种。本区鸟类大致可分为 5 个生态群<sup>①</sup>:芦苇沼泽鸟类、滩涂鸟类、农田草地鸟类、河湖沟渠鸟类、居民点鸟类。这也反映了鸟类的生境类型。

由于各种自然灾害和人为风险对鸟类的危害多是通过对其生境的作用而实现的,可以说生境是连接风险源与鸟类受体的纽带,也是具有明显区域分异的风险承受者,其状况可以反映区域生态环境的质量。因此,本文将鸟类及其生境作为区域生态风险评价的受体。

2.2 生态终点

生态终点<sup>[7]</sup>是指在具有不确定性的风险源作用下,风险受体可能受到的损害,以及由此而发生的区域生态系统结构和功能的损伤。生态终点是人类所不希望发生的生态事件,在辽河三角洲湿地区域,可能的生态终点包括丹顶鹤、黑嘴鸥等重要物种的在本区的灭绝、鸟类数量的减少、重要生境类型的减退或消失。

3 风险源分析

3.1 风险源识别

区域生态风险源大体可以归纳为自然的和人文的两大类:自然生态风险源即通常所说的自然灾害。辽河三角洲湿地区域的自然生态风险源包括洪涝、干旱、大风、冰雹、寒潮、地震、风暴潮等。人为生态风险源指导致危害或严重干扰生态系统的人为活动。辽河三角洲湿地区域的人为生态风险源包括石油开采和化

① 胡远满,万有数据:本区的生境研究及其景观生态设计——以辽宁双台河口自然保护区为例,中国科学院沈阳应用生态研究所博士论文,1997.

工污染以及农业开发对湿地的影响等。

对以上风险源逐一分析其对受体的干扰和危害,根据历史资料考证其发生的概率、强度及范围,忽略那些强度小、发生范围不大、对湿地生态环境以及受体影响较为轻微的次要风险源,从而确定洪涝、干旱、风暴潮和油田污染事故为本区的主要生态风险源。

需要说明的是,农业开发中农田向湿地的扩展作为一种人为干扰,对自然生态环境具有重大影响,但其多表现为渐进而非突变性,且农田扩展的概率难以确定,此处虽不作为风险源参与评价,其影响却是不能忽视的。

3.2 风险源描述

风险源以其发生的概率和强度来描述,与局地生态风险评价不同的是,区域生态风险评价的风险源还应表述其作用的区域范围。

以下是本区 4 种主要生态风险源的概率分级和风险分布状况(表 1、图 1)。其中洪涝灾害概率依据 1840~1990 年 150a 间本区的历史纪录<sup>[8]</sup>,干旱灾害概率依据 1870~1990 年 120a 间本区的历史纪录<sup>[8]</sup>,风暴潮灾害概率依据 1951~1995 年 45a 间辽东湾营口验潮站的资料<sup>[9]</sup>,油田污染事故概率依据 1975~1990 年 15a 间所发生的赔偿金额在千元以上的事故及其污染面积,主要包括井喷、管线泄漏等事故<sup>[10]</sup>。

表 1 辽河三角洲湿地区域主要生态风险源的概率(%)

Table 1 The probability of ecological risk sources in the Liaohe River Delta wetland

	洪涝灾害 Flood disaster	干旱灾害 Drought disaster	风暴潮灾害 Storm tide disaster	油田污染事故 Oil pollution accident
总概率 Total probability	46.6	17.5	25	0.41
特大(1 级)Serious (Grade 1)	7.3	4.2		
重大(2 级)Heavy (Grade 2)	12.0	5.8		
较大(3 级)Larger (Grade 3)	27.3	7.5		

4 暴露和危害分析

暴露分析研究各风险源在区域中的分布及其与风险受体之间的接触暴露关系。与之相关联的危害分析则要确定风险源对生态系统及其风险受体的损害程度。

4.1 暴露在各种风险源中的生境

如前所述,本文将鸟类及其生境作为区域生态风险评价的受体,其中生境直接暴露在各种风险源下,并成为连接风险源与鸟类受体的纽带。

辽河三角洲湿地区域分为 16 种景观类型。不同类型的景观,由于其所拥有的食物、水、隐蔽物等基本生境要素的差异,是不同鸟类生态群的生境。该区的 5 个鸟类生态群对应有 5 种生境类型,即碱滩滩涂、芦苇沼泽、河湖沟渠、农田草地和居民点生境。它们与景观类型的关系是:裸滩、盐地碱蓬、芦苇盐地碱蓬、虾蟹田等景观类型可归为碱滩滩涂生境;芦苇沼泽、管理苇田、香蒲苇田等景观类型可归为芦苇沼泽生境;河道、水库两种景观类型为河湖沟渠生境;旱作农田、水稻田、湿草甸、灌丛、林地、果园等景观类型为农田草地生境;居民点与工业用地则为居民点生境。因此可以由景观类型图作出生境类型图(见图 2)。

4.2 生境的生态地位和易损性

不同生境类型是不同鸟类群落栖息、觅食、繁殖和迁徙停歇的场所;各种生境类型在三角洲湿地区域内所处的位置不同,所受人为干扰强度有所差异。因此,不同的生境类型在维护生物多样性、保护物种、完善生态系统的结构和功能、促进景观结构自然演替等方面的作用是有差别的。相同强度的同一风险源作用于不同的生境类型,可能对整个区域的生态结构和功能产生不同强度的危害。同时,不同生境类型的抗干扰能力也是不同的,有些生境较为脆弱,对外界干扰敏感,在风险源的作用下极易受到损害;而另一些生境抗逆能力强,在相同的风险源作用下仍能保持其基本的功能。

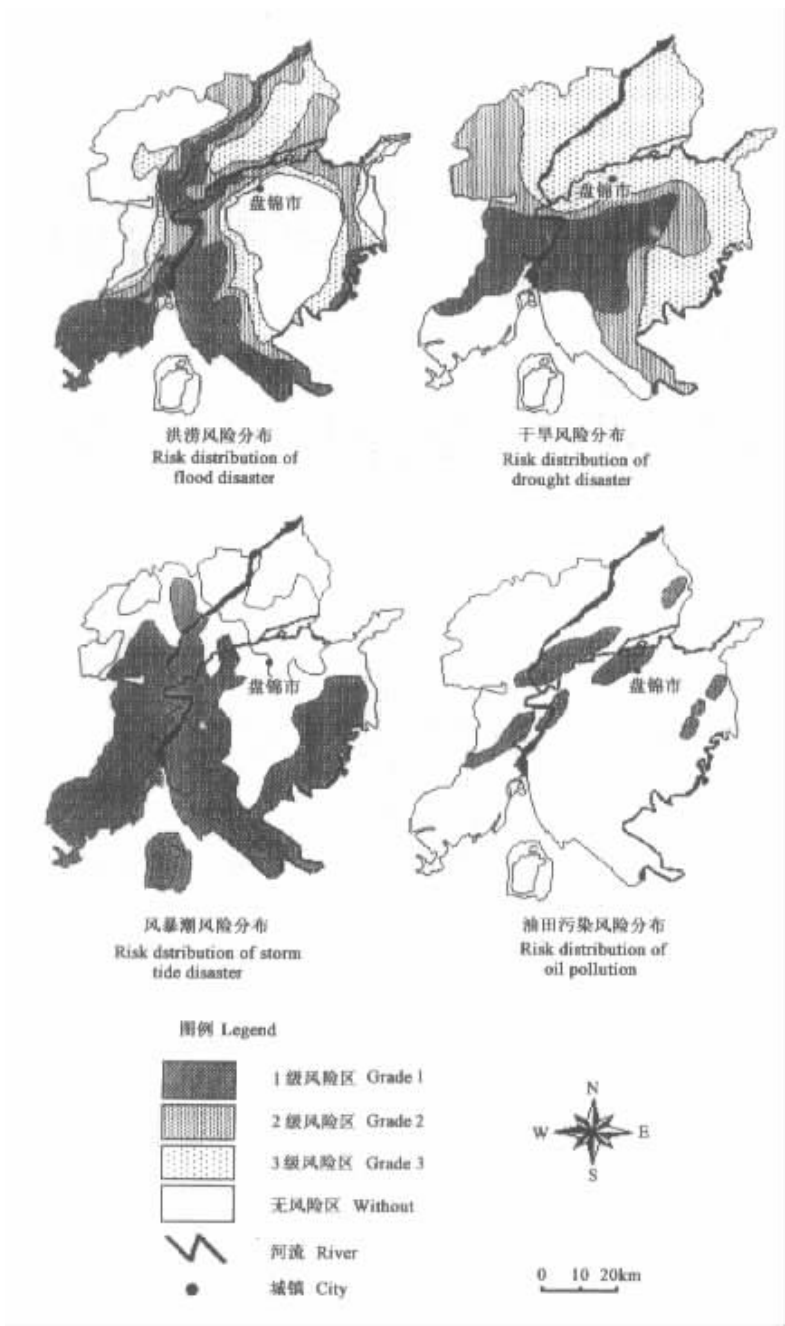


图 1 辽河三角洲主要生态风险源的风险分布状况

Fig. 1 The risk distribution of major ecological risk sources in the Liaohe River Delta

本文以生态指数这一指标来反映不同生境类型的生态意义和地位,以脆弱度指数来体现不同生境的易损性。

**万方数据**

4. 2. 1 生态指数 测量生境生态指数的指标 ①物种重要性指数 指某一生境类型在养护国家重点保



护或濒危物种中的地位,以这一生境中各级保护鸟类占整个区域内相应保护和濒危鸟类的比例来表示:

$$X_i = \sum a_j C_{ij} / C_j$$

(1)

其中,  $X_i$  为  $i$  类生境的物种重要性指数,  $C_{ij}$  为  $i$  类生境中  $j$  级保护物种种数,  $C_j$  为区域中  $j$  级保护物种种数,  $a_j$  为  $j$  级保护物种在本区的生态权值。

②生物多样性指数 用某一生境类型的鸟类种数占整个区域的鸟类种数的比例来表示:

$$V_i = N_i / N$$

(2)

其中,  $V_i$  为  $i$  类生境的生物多样性指数,  $N_i$  为  $i$  类生境中鸟类种数,  $N$  为整个区域鸟类种数。

③干扰强度和自然度 干扰强度表示人类的干扰作用,其越小,越利于生物的生存,故针对受体的生态意义越大。干扰强度可用单位面积生境类型内的廊道长度来表示:

$$D_i = L_i / S_i$$

(3)

其中,  $D_i$  为受干扰强度,  $L_i$  为  $i$  类生境内廊道(公路、铁路、堤坝、沟渠)的总长度,  $S_i$  为  $i$  类生境总面积。因干扰强度与生境的天然状态负相关,故用:

$$Z_i = 1 / D_i$$

(4)

(4)式表示生境类型的自然度。显然,自然度越大,生境类型的生态意义越大。

根据以上公式计算出  $V_i$ 、 $X_i$ 、 $Z_i$  等指标后,由于数值的量纲不同,须进行归一化处理,并在此基础上加权合成各生境类型的生态指数:

$$E_i = \sum \lambda_j U_{ji}$$

(5)

其中,  $E_i$  为  $i$  类生境的生态指数,  $\lambda_j$  为  $j$  指标的权重,  $U_{ji}$  为  $i$  类生境的  $j$  指标。根据分析权衡,物种重要性指数最为重要,其次为物种多样性指数和自然度,以上 3 种指数分别赋以 0.7、0.2、0.1 的权值。

根据上述公式,计算出本区各生境类型的生态指数值(表 2)。

表 2 辽河三角洲各生境类型的生态指数

Table 2 The ecological index of habitats in the Liaohe River Delta

	物种重要性指数 Species significance index( $X_i$ )	生物多样性指数 Biological diversity index( $V_i$ )	自然度 Natural degree ( $Z_i$ )	生态指数 Ecological index ( $E_i$ )
碱蓬滩涂生境 Saline seepweed beach habitat	0.679	0.418	0.767	0.636
芦苇沼泽生境 Reed march habitat	1	1	1	1
河湖沟渠生境 Freshwater habitat	0.132	0.131	0.602	0.179
农田草地生境 Farmland &. meadow habitat	0.271	0.542	0.576	0.358
居民点生境 Residential area habitat	0.050	0.222	0.450	0.124

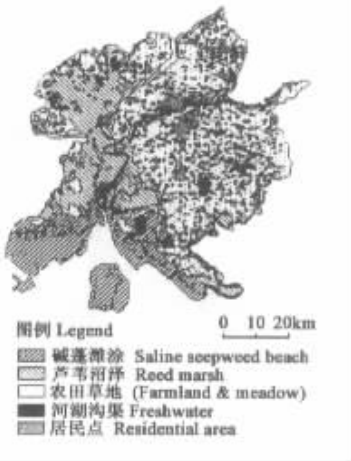


图 2 辽河三角洲湿地区域鸟类生境类型图

Fig. 2 The types of bird habitats in the wetland  
area of the Liaohe River Delta wetland

4.2.2 脆弱度指数 生境脆弱性与生境在景观自然演替过程中所处的阶段有关,一般情况下,处于初级演替阶段、食物链结构简单、生物多样性指数小的生境较为脆弱;另外,就本区而言,受人为作用强、可以通过管理输入负熵的生境类型,如农田,往往比其他生境类型要稳定。由此判断,本区的 5 种生境类型中,以碱蓬滩涂最为脆弱,其次为芦苇沼泽和河湖沟渠、再次为农田草地、而居民点生境则最为稳定。分别对 5 种生境类型赋予脆弱度指数  $F_i$ :碱蓬滩涂生境 5,芦苇沼泽生境 4,河湖沟渠生境 3,农田草地生境 2,居民点生境 1。

4.3 各主要风险源对受体的危害作用

洪涝灾害对湿地生态环境以及鸟类生境的影响表现在多方面:洪涝淹没芦苇、水稻或其它植物会导致其死亡或损伤,而芦苇等是丹顶鹤、黑鹳等珍稀水禽的栖息隐蔽物;洪涝灾害不仅直接减少鸟类食物的数量,破坏鸟类巢位,还可能对油田和工厂产生巨大的破坏作用,引发石油泄漏或污染扩散,间接影响生境中的食物要素,并通过食物链在鸟类体内富集,从而对其生存和繁殖产生危害。

水是湿地生态系统存在和发展的基础,干旱灾害会严重阻碍湿地植被发育和生长,甚至导致植被枯死,这会对鸟类受体的栖息生境造成不利影响;同时,干旱危及湿地内各种软体动物、浮游生物以及鱼类的生长,从而影响鸟类的食物来源;严重的干旱会使湿地生态系统的物质循环和能量循环中断,阻碍湿地的自然演替,并使湿地面积减少或消失。

风暴潮灾害对滨海湿地具有重要影响。其作用与洪涝灾害相似,也对受淹湿地内鸟类的隐蔽物、食物和巢位产生破坏作用;同时,风暴潮还会造成或加重受淹区的土壤盐渍化,将茂盛的植被荡涤为一片裸地,改变原有生境类型,使原有鸟类群落失去栖息地。在不加防护的情况下,该区风暴潮可淹没 3m 以下的地区,若考虑未来海平面的相对上升,则 4a 一遇的高潮位可达 3.5m,将危及所有苇田、虾田和盐田,以及部分农田、工矿和居民地。

井喷、输油管道泄漏等事故向环境中排放大量原油或其它污染物,会严重影响区域环境质量。如被石油污染的芦苇,苇叶早枯和死亡,使鸟类缺乏必需的隐蔽物;石油污染使虾、蟹、鱼等动物数量锐减,影响鸟类在本区的食物来源及质量;井喷有时还会直接击落和窒息鸟类,导致死亡。被石油污染的生境很难恢复,由于采油和输运设施广布于三角洲内,且主要油田位于芦苇沼泽和滩涂碱蓬生境带中,因此危害尤为严重。

4.4 风险源的综合权重

各主要风险源对风险受体的作用强度是不同的,对形成区域性生态风险的作用大小也有差异。采用层次分析法得到各风险源的权重如下:洪涝灾害 0.133,干旱灾害 0.163,风暴潮灾害 0.256,油田污染事故 0.448。这为进行区域生态风险综合评价打下了基础。

5 区域生态风险综合评价

区域生态风险评价最后的综合阶段,要结合受体分析、风险源分析与暴露和危害分析的结果,综合评价区域内生态风险值的大小,从而为区域生态风险管理提供理论依据。

5.1 风险小区的划分

区域生态风险评价的一个重要特征即受体和风险源在区域内的空间异质性。辽河三角洲湿地区域受 4 种主要风险源的共同作用,不同风险源在整个区域内的风险强度范围是不同的,则区域内不同地点所受到的综合风险也有差别。将 4 种风险源的影响范围通过 GIS 进行叠加,将整个区域划分为大小不同的 122 个风险小区,则每个风小区在生态风险源方面具有区内同质性和区间异质性。

5.2 风险值的度量

虽然每个风险小区内风险源状况是一致的,但受体状况却不一致,其中可能存在不同的鸟类群落和生境类型。风险受体的特征以及受体对干扰的反应可以表达为风险小区内各种生境的综合生态指数和脆弱度指数,其公式为:

$$RE_k = \sum (S_{ki}/S_k)E_i$$
 (6)

其中,RE<sub>k</sub>为第 k 个风险小区的生态指数,S<sub>ki</sub>为第 k 个风险小区内 i 类生境的面积,S<sub>k</sub>为第 k 个风险小区总面积,E<sub>i</sub>为 i 类生境的生态指数。

$$RF_k = \sum (S_{ki}/S_k)F_i$$
 (7)

其中,RF<sub>k</sub>为第 k 个风险小区的脆弱度指数,S<sub>ki</sub>为第 k 个风险小区内 i 类生境的面积,S<sub>k</sub>为第 k 个风险小区总面积,F<sub>i</sub>为 i 类生境的脆弱度指数。

采用以万为数据单位分别算得辽河三角洲湿地区域全部 122 个风险小区的生态指数和脆弱度指数,并各自等差分为 5 个等级,据此绘制了辽河三角洲鸟类生境生态指数分级图和脆弱度分级图。

最后,采用如下公式来计算每个风险小区的风险值:

$$R_k = \sum \lambda_j P_{kj} \cdot RE_k \cdot RF_k \tag{8}$$

其中,  $R_k$  为第  $k$  个风险小区的风险值,  $\lambda_j$  为  $j$  类风险源对区域生态风险作用的权重值,  $P_{kj}$  为第  $k$  个风险小区内  $j$  类风险源发生的概率,  $RE_k$  为第  $k$  个风险小区的生态指数,  $RF_k$  为第  $k$  个风险小区的脆弱度指数。

根据此公式,分别计算出每个风险小区的风险值,整个区域的风险值在 0~1.055 之间。然后利用 ARCVIEW 中的 quantile 分级方法将这些风险值分为 5 个等级,自动生成辽河三角洲湿地区域生态风险综合评价图(图 3)。

图 3 显示,辽河三角洲湿地区域生态风险强度的分布具有一定的规律性。总体上说,从双台子河口及沿海一带向内陆,生态风险逐渐降低,风险值大小呈带状圈层结构分布。(1)整个三角洲湿地区域,以双台子河口自然保护区及沿海滩涂区的风险值最大,为 1 级风险区。这一带为碱蓬滩涂和部分芦苇沼泽地区,是丹顶鹤、黑鹳、黑嘴鸥等国家重点保护或濒危鸟类的主要生境,故其生态意义重大;而且这两种生境类型均很脆弱,受到破坏后不易恢复;加之这一带受洪涝、干旱、风暴潮灾害等多种风险源的综合影响,各种风险源发生的概率和强度也较大。除此之外,黄金带油田地带虽然其生境的生态指数不算高,但会受到概率较大的洪涝、干旱、风暴潮以及油田污染等风险源的作用,所以风险值也很大。(2)由 1 级风险区向内延伸的芦苇沼泽地区以及蛤蜊岗等沙洲为 2 级风险区,其中前者的生态指数仍然较高,同时也受多种风险源的影响,所以风险值相对较大,但与 1 级风险区相比,其生境脆弱度降低,风险源的概率也较小,而蛤蜊岗则属海域,主要受风暴潮影响,人为干扰相对较小,故风险较小。(3) 3 级风险区主要是 2 级风险区的外围以及沿河地带,主要生境一部分为芦苇沼泽,另一部分则主要为河湖沟渠和少量农田草地,这一地带的生境意义为中等,风险源主要为洪涝,概率较高。(4) 4 级风险区在 3 级风险区的外侧,主要分布在石山、胡家、西安等地,生境类型主要为农田草地等,风险源的种类也相对较少,所以风险值较小。(5) 5 级风险区为远离河流和海岸线的地区,主要生境类型为农田草地和居民点,其生境的生态指数、脆弱度都较小,风险源较少且概率小,故风险值最小。

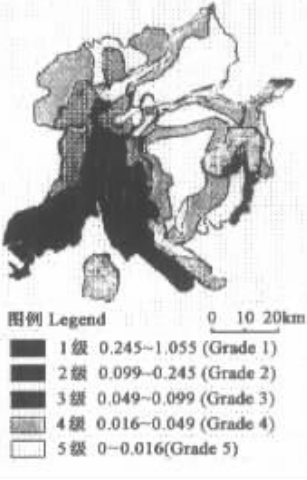


图 3 辽河三角洲湿地区域生态风险综合评价图  
Fig. 3 Map of comprehensive regional ecological risk assessment of in the Liaohe River Delta wetlands

以上生态风险评价的结果可以为区域生态环境管理提供决策依据和理论支持。针对不同级别的风险区采取不同的风险管理对策,从而实现区域生态环境的协调,有力地保护生物多样性以及生态系统结构和功能的稳定。

6 结语

生态风险评价将风险的概念和思想引入生态环境影响评价中,它是评价具有不确定性的事件在未来发生的概率、强度以及由此而可能给生态环境造成的损害程度的过程和方法。

区域生态风险评价在区域尺度上描述和评价自然灾害及人为活动的环境事故对生态系统结构和功能等产生不利作用的可能性和大小,相对于微观、局部的生态风险评价,其所涉及的风险源以及评价受体等都具有空间异质性,其评价结果也具有区域分异的特点。

区域生态风险评价的过程一般包括研究区的界定与分析、受体分析、风险源分析、暴露与危害分析以及风险评价。本文结合实际对区域生态风险评价的理论和进行了探讨,所提出的生态指数、脆弱度指数、风险值的计算公式等有效地进行了生态表征。



辽河三角洲湿地区域生态风险评价的结果将整个地区划分为 5 级综合风险区:1 级风险区主要位于双台子河口及沿海滩涂地带,主要为双台子河口自然保护区的核心区;2 级风险区位于 1 级风险区的外缘,主要为管理苇田区;3 级风险区沿河呈带状分布;4 级风险区分布在 3 级风险区的外侧,主要为距海岸线和河流较远的农田草地区;5 级风险区为远离河流海岸的农田草地和居民点。

区域生态风险评价的结果为生态环境的风险管理和区域可持续发展中的风险决策提供了科学依据。

### 参考文献

- [1] 曹洪法, 沈英娃. 生态风险评价研究概述. 环境化学, 1991, **10**(3): 26~30.
- [2] Barnthouse L W, Suter II G W, Bartell S M. Quantifying Risks of Toxic Chemical on Aquatic Populations and Ecosystems. *Chemosphere*, 1988, **17**:1487.
- [3] 殷浩文. 水环境生态风险评价程序. 上海环境科学, 1995, **14**(11): 11~14.
- [4] Barnthouse L W, Suter II G W. Use Manual for Ecological Risk Assessment. *ORNL*, 1988: 6251.
- [5] Pastorok R J, Sampson J R. Review of ecological risk assessment methods to develop numerical criteria for cleanup of hazardous waste sites. Draft. Prepared for Washington Department of Ecology. Washington: Olympia, 1990.
- [6] Tarnocai C. Canadian wetland registry, in proceedings of a workshop on Canadian wetlands environment. In: Rubec C D A, Pollett F C. ed. *Canada lands directorate, ecological land classification series*, No. 12, Saskatoon, Saskatchewan, 1979. 1~8.
- [7] EPA. Framework for ecological risk assessment. *Risk Assessment Forum*, 1992, EPA/**630** (1): 41.
- [8] 盘锦市地方志办公室. 盘锦市志(综合卷). 北京: 方志出版社, 1998. 468.
- [9] 刘岳峰, 韩慕康, 等. 辽河三角洲地区海平面上升趋势及其影响评估. 海洋学报, 1998, **20**(2): 73~82.
- [10] 张启德, 方汉隆, 王玉秀, 等. 辽河三角洲资源环境与可持续发展. 北京: 科学出版社, 1997. 104~106.