



城市生态风险 评价与管理

徐琳瑜 江峰琴 尹皓 等 编著



科学出版社



城市生态风险 评价与管理

王德明 王德明 王德明 王德明

清华大学出版社

城市生态风险评价与管理

徐琳瑜 江峰琴 尹 皓 等 编著

国家重点研发计划“城市群代谢模拟与生态风险预测
预警技术”(2016YFC0502802)

国家自然科学基金课题“快速城市化地区工业污染累
积风险研究”(No.41271105)

联合资助出版

国家自然科学基金课题“快速城市化地区的生态风险
研究”(No.40871262)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书通过系统地分析模拟城市生态风险的驱动、传递和作用机理,对快速城市化过程出现的城市生态风险进行评价和预测,以实现更加全面、系统的城市生态风险管理。全书共分为8章。第1章为城市生态风险概述,翔实阐述了城市生态环境问题和城市生态风险的概念和内涵,以及紧密相关的城市生态风险评价和管理定义和研究进展。第2章详细解析快速城市化的主要驱动因素和基本特征。第3章至第5章紧紧围绕快速城市化过程中的人口城市化、土地利用集约化、快速工业化等特征,开展城市生态风险评价方法及开发区累积风险评价方法的开发,提出在缺乏数据条件下的生态风险模拟评价以及不确定性分析方法,并在评价结果基础上建立城市生态风险分区,针对各个分区不同生态风险,提出相应管理措施,为管理者提供决策依据。第6章至第8章分别以南京市、北京市和广州市3个快速城市化的典型城市为案例,开展城市生态风险评价与管理的方法实践与应用。

本书可供城市管理部门及相关领域管理者阅读参考,同时也可高等院校和相关科研院所从事城市生态风险相关研究的教师、学生和科研人员研究学习提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市生态风险评价与管理 / 徐琳瑜等编著. —北京:科学出版社,2017.10
ISBN 978-7-03-054014-0

I. ①城… II. ①徐… III. ①城市环境—生态环境—风险管理—研究 IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 181817 号

责任编辑:杨帅英/责任校对:张小霞
责任印制:肖 兴/封面设计:图阅社

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天津市新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年10月第一次印刷 印张:12

字数:285 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

主要作者

(按姓氏汉语拼音排序)

江峰琴 李兆雪 刘桂友 舒心

宋慧敏 谢晓东 徐琳瑜 尹皓



前 言

我国已进入快速城市化时期,在这一过程中需要对各种城市生态风险问题有清晰的认识,并采取相应措施,以实现可持续发展。这不仅需要建立利于管理者理解风险问题的城市生态风险评价体系,也需要对城市生态风险的驱动、传递和作用机制进行深入分析。本书通过“生态风险源—风险迁移方式与路径—风险受体”的链式关系,对快速城市化过程中出现的城市生态风险进行深入探讨,以实现更加全面、细致的城市生态风险管理,本书的出版有望为城市生态风险研究提供一些参考。

本书共分8章,主要由徐琳瑜编著,第1章和第8章由徐琳瑜、刘桂友、谢晓东完成,第2章和第6章由江峰琴、徐琳瑜、舒心、宋慧敏完成,第3章和第4章由徐琳瑜、宋慧敏、李兆雪完成,第5章和第7章由徐琳瑜、谢晓东、尹皓完成,统稿工作由徐琳瑜、尹皓完成。作者长期从事城市生态相关研究,在城市生态风险研究中积累了深厚的理论和实践基础,本书所著研究成果可丰富城市生态风险评价与管理研究成果,提供实际案例应用成果,供城市管理部门及相关领域管理者使用,同时也可作为高校课程教材用于教学,对高等院校和相关科研院所从事城市生态风险相关研究的教师、学生和科研人员均有参考作用。

本书在写作过程中,得到了北京师范大学环境学院的高度重视,同时江苏省环境中心提供了大力支持,科学出版社对本书的出版工作投入了大量精力。本书还得到国家重点研发计划“城市群代谢模拟与生态风险预测预警技术”(2016YFC0502802)、国家自然科学基金课题“快速城市化地区工业污染累积风险研究”(No.41271105)和“快速城市化地区的生态风险研究”(No.40871262)资助。此外,本书融汇了北京师范大学环境学院、环境模拟与污染控制国家重点联合实验室相关课题的系列研究成果,感谢该实验室的老师和学生为编著本书提供的帮助。经过近十年的积累,本书针对快速城市化地区的生态风险做了深入探讨,并涵盖了相关课题研究的案例资料,是一本具有学术和应用价值的书。但由于编者水平有限,内容中难免存在值得商榷的地方。诚希望广大读者阅读关注本书,并提出宝贵意见。

编 者

2017年2月

摘 要

新型城镇化是我国现代化建设的历史任务,也是扩大内需的最大潜力所在。然而,随着我国经济快速发展、工业化进程加快,城镇已成为经济发展和生态环境保护矛盾冲突最激烈的地方,并面临着环境污染、生态破坏、能源匮乏等各类生态风险问题。若不能与新型城镇化建设同步开展城市生态风险管理,这些生态环境问题可能会在某时段某区域暴发生态灾难。因此如何在快速城镇化过程中保障城市人居环境、规避并调控城市生态风险在近年来始终是备受关注的重要主题。

本书共分为8章,第1章深入探讨城市生态风险的概念与内涵,并分析快速城市化过程中可能出现的生态风险。第2章详细解析快速城市化的主要驱动因素和基本特征。第3章至第5章紧紧围绕快速城市化过程中人口城市化、土地利用集约化、快速工业化等特征,开展城市生态风险评价方法及开发区累积风险评价方法的开发,提出在缺乏数据条件下的生态风险模拟评价以及不确定性分析方法,并在评价结果基础上建立城市生态风险分区,针对各个分区不同生态风险,提出相应管理措施,为管理者提供决策依据。第6章至第8章分别以南京市、北京市和广州市3个快速城市化的典型城市为案例,开展风险评价与管理方法的应用。

本书的主题思想是针对不同城市化阶段的特征,应用风险分析、风险源识别、风险途径模拟、风险受体保护、风险分区管理等理论与方法,开发生态风险评价方法,提出在缺乏数据条件下的生态风险模拟评价以及不确定性分析方法。此外还分别针对环境污染和生态毒性开展风险评价。

本书通过研究城市化过程中人类活动对生态系统的干扰与破坏,建立城市生态风险评价模型、预测模型和预警机制。主要探讨如下内容:①城市化各要素对城市生态风险的作用机制;②城市生态风险的类型、成因及其可能造成的生态灾难;③城市生态风险问题的“生态风险源—风险迁移方式与路径—风险受体”的链式关系;④城市生态风险量化研究;⑤城市生态风险演化规律,模拟风险问题的时间、空间、强度、受体之间的关系,为城市生态风险管理提供科学依据。将研究所得理论与评价模型应用于我国快速城市化典型城市。

目 录

前言

摘要

第1章 城市生态风险概述	1
1.1 城市生态环境问题	1
1.1.1 城市生态环境问题的阶段性	1
1.1.2 城市生态环境问题的划分	2
1.1.3 城市化不同阶段的生态风险	3
1.2 城市生态风险的概念及内涵	6
1.2.1 生态风险与环境风险	6
1.2.2 城市生态风险概念	7
1.2.3 城市生态风险内涵	9
1.3 城市生态风险评价	10
1.3.1 生态风险评价概述	10
1.3.2 城市生态风险评价研究进展	12
1.4 城市生态风险管理	14
1.4.1 生态风险管理基本概念	14
1.4.2 城市生态风险管理研究进展	15
参考文献	16
第2章 城市生态风险驱动因素及特征分析	21
2.1 人口快速城市化对生态风险的驱动分析	21
2.1.1 人口城市化概述	21
2.1.2 人口城市化引发的问题	23
2.1.3 人口快速城市化带来的潜在生态风险	25
2.2 城市土地利用集约化对生态风险的驱动分析	31
2.2.1 城市土地利用集约化特征	31
2.2.2 城市土地利用集约化带来的生态风险特征	31
2.3 城市快速工业化对生态风险驱动分析	33
2.3.1 城市快速工业化特征	33
2.3.2 城市快速工业化带来的生态风险特征	34
参考文献	36
第3章 城市生态风险评价方法	40
3.1 人口快速城市化带来的生态风险评价方法	40
3.1.1 土壤污染的生态风险评价	40
3.1.2 水污染的生态风险评价	43
3.1.3 大气污染的生态风险评价	45
3.1.4 景观结构变化的生态风险评价	46

3.1.5 气候变化的生态风险评价	47
3.2 城市土地利用集约化带来的生态风险评价	49
3.3 城市快速工业化带来的生态风险评价	51
参考文献	52
第4章 城市开发区累积生态风险特征及评价	56
4.1 累积生态风险	56
4.1.1 累积生态风险研究	56
4.1.2 累积生态风险评价	57
4.2 城市开发区累积生态风险特征	58
4.2.1 污染物浓度与累积生态风险关系	58
4.2.2 累积生态风险时空分布特征	59
4.3 城市开发区累积生态风险评价	59
4.3.1 城市开发区累积生态风险评价内容	59
4.3.2 城市开发区累积生态风险评价体系	60
参考文献	66
第5章 城市生态风险管理	70
5.1 生态风险管理研究	70
5.2 城市生态风险管理	70
5.3 城市生态风险管理方法	71
5.3.1 城市生态风险不确定性分析	71
5.3.2 城市生态风险分区管理	74
5.3.3 城市生态风险管理费效分析	75
参考文献	78
第6章 南京市生态风险研究	81
6.1 南京快速城市化特征	81
6.2 南京市工业污染累积风险评价	83
6.2.1 研究方法	83
6.2.2 工业污染物带来的城市人体健康风险空间分布研究	90
6.2.3 计算步骤	90
6.2.4 假想区域示例	91
6.2.5 南京工业排放3,4-苯并芘环境浓度和风险空间分布	92
6.2.6 不确定性分析	93
6.2.7 南京市风险管理建议	97
6.3 南京市居住区人群健康风险评价	99
6.3.1 研究方法	99
6.3.2 研究区内人类健康风险评价	107
参考文献	117
第7章 北京市生态风险研究	120
7.1 北京市可吸入颗粒物污染特征	120
7.1.1 北京市可吸入颗粒物浓度遥感反演	120
7.1.2 北京市可吸入颗粒物时空分布特征	124

7.2 北京市人群健康风险评价与调控	126
7.2.1 人群健康风险评价方法	126
7.2.2 北京市人群健康风险评价	128
7.2.3 北京市人群健康风险预测	129
7.2.4 北京市人群健康风险调控	131
7.3 北京市人群健康效应及经济损失评估	133
7.3.1 人群健康效应评估方法	133
7.3.2 北京市人群健康效应与经济损失结果	136
7.3.3 结论与建议	137
参考文献	138
第8章 广州市生态风险研究	140
8.1 广州市土地生态安全	140
8.1.1 城市土地生态安全的定义	140
8.1.2 城市土地生态安全计量模型	141
8.1.3 广州市土地生态安全评价	146
8.2 广州市南沙区区域环境风险评价	164
8.2.1 区域环境风险评价方法	164
8.2.2 南沙区内单个环境风险源的风险值计算	168
8.2.3 南沙区危险物质泄漏与迁移分析	169
8.2.4 南沙区区域环境风险值计算	172
8.2.5 南沙区区域环境风险分区	173
8.2.6 讨论	174
8.3 广州市南沙区区域环境风险管理	175
8.3.1 环境风险管理机构设置	175
8.3.2 环境风险管理预防措施	176
8.3.3 应急预案	178
参考文献	178

第1章 城市生态风险概述

1.1 城市生态环境问题

人口向城市集聚是城市发展的主要推动力,即城市化。城市化是社会生产力发展的必然产物,也是工业化的直接产物,是城市在工业革命后迅速发展的必然结果。城市化是当今世界最重要的经济、社会现象。伴随城市化过程的人口高度聚集、工业化、土地利用变化以及社会消费模式的转变可能对城市生态环境产生一系列影响,既有积极的影响,也有消极的影响。

由于城市生态系统是一个以人为核心的自然-社会-经济复合人工生态系统,自我调节机能相对较差、食物链简单、营养关系倒置,因此非常脆弱,需要腹地的支撑才能维持。城市是一定区域范围内的政治经济文化中心,是区域经济发展的引擎,同时也是资源大量消耗、环境污染和生态破坏的主要地区,所以城市化在促进社会经济高速发展的同时,也直接导致周边地区自然资源的大量耗竭、能源的集中消费及污染物的集中释放。数据表明,全球大约 75%的矿产及生物资源集中消费于只占地球陆地面积 2.5%的城市地区,最终 80%的资源转化为各种废弃物(尹艳伟等,2012;檀满枝等,2005)。城市化是一种强烈的地标人类活动过程(李姝,2011),由于资源和环境的不可恢复性,城市化过程与资源和生态环境条件之间相互耦合相互影响,城市化对生态环境产生巨大影响,同时也反作用于城市发展,形成生态环境约束。

1.1.1 城市生态环境问题的阶段性

城市的发展具有一定的阶段性,城市生态系统演化到不同的阶段,即城市化不同阶段,发生的生态环境问题也具有该阶段的特殊性,总体上表现出演化的阶段性。

著名的“环境 Kuznets 曲线”就发现生态环境恶化与居民收入之间呈现一种“倒 U 型”的关系,即伴随经济增长,环境状况先是恶化而后得到逐步改善。而城市发展过程中出现的并不仅限于“与污染有关的”环境质量问题,还存在“与生活方式相关的”生态环境问题,造成城市生态环境恶化的动因也不仅限于城市经济增长,还包括人口聚集、土地利用方式变化等多方面。

经济增长被认为是城市生态环境恶化的一个主要动因,此外人口规模、城市规模扩张作为城市发展的必经趋势,也在很大程度上影响着城市生态环境。例如,在人口增长初期,生态环境尚能够提供所需的资源及消解产生的污染物,此时生态环境处于相对稳定状态。而当人口大量涌入城市,人口规模进入快速增长时期,城市基础设施建设水平不能与人口增长速度同步,就会产生许多如饮用水受到污染造成传染病流行的问题。人口和城市规模若进一步增长,则会产生资源短缺、环境质量恶化、生物多样性锐减的问题。此外由于城市规模的扩张,其产生的生态环境问题将不仅局限于城市范围内部,周

边的乡镇农村也会受到土地利用变化带来的强烈冲击,城市生态环境问题蔓延至城市外部。

1.1.2 城市生态环境问题的划分

城市生态环境问题具有多样性和复杂性。因此,仅按照传统的环境要素划分方法,将城市生态环境问题划分为水污染、大气污染、固体废物和噪声污染、生态问题等,虽然有助于环境管理部门按要素解决问题,但容易忽视某些跨越单一要素或跨越城市范围的生态环境问题。根据催生生态环境问题的驱动力,世界银行将共存在一座城市中的生态环境问题划分为“与贫困相关的”和“与经济增长或富裕相关的”两大类。David Satterthwaite 则根据生态环境问题可能产生的不同后果,将其分为 5 类:人类环境中的环境危害、(在一定限度内)可更新资源的高度利用、不可更新资源的高度利用、生产高水平的非生物可降解的废物和过度使用可更新的环境容量。

杨志峰和徐琳瑜(2008)综合驱动力因素、产生的影响和影响的空间范围,将城市生态环境问题划分为 3 种类型:与贫困相关的问题、与快速增长相关的问题、与富裕生活方式相关的问题。

与贫困相关的城市生态环境问题,如清洁供水的普及率和卫生设施的普及率低,农村人口向城市无序迁移形成的城中村等。这类环境问题一般发生在发展中国家城市化初期的城市,其驱动力与贫困直接相关,一般由城市基础设施投入不足、城市内居民收入差距等引起。此类环境问题引起的最严重后果即对人体健康产生影响,其影响范围相对局部,仅限于城市内或城市内一部分特定人群。

与快速增长相关的城市生态环境问题,代表性问题是工业污染引发的环境质量恶化,如 SO_2 和颗粒物引起的大气污染,重金属造成的水体污染及持久性有机物通过食物链富集。这类问题在发展中国家以工业作为经济增长主导力量的城市中非常显著,其驱动力主要包括快速工业化、污染物处理能力不足、生产工艺落后、行政法规不够严格、管理监督不够有效等因素。此类生态环境问题最突出的影响就是爆发工业污染灾害,严重危害城市居民健康和损害城市生态系统健康,其影响范围不仅限于城市内部,而是扩张到区域或地域。

与富裕生活方式相关的城市生态环境问题,主要与城市居民消费和生活方式有关。城市功能的运转和发展需要大量的能源、食物和其他原料投入,同时也制造着大量包括污染、废物、产品和服务的产出。发达国家快速城市化地区的生活方式特点是大规模生产、大规模消费和大规模处置,这往往意味着投入的量要极大程度地依赖外部的供给,产出的量则远远超出城市甚至其周边地区的环境容量。由此带来的生态环境问题包括资源过度消费,生物多样性锐减,城市废弃物、温室气体排放。其驱动力不仅是高消费生活方式,还有较低的改进刺激,其影响范围随城市生态系统的新陈代谢呈现区域化和全球化。

这 3 种城市生态环境问题一般是按顺序发生在城市化进程的不同阶段,但随着大范围的城市化,以及城市化进程的加速进行,一些城市出现了城市化水平不同步的情况,不同类型的问题也可能在同一城市内同时发生。

1.1.3 城市化不同阶段的生态风险

城市化进程在全球范围内方兴未艾,为人类带来巨大经济效益和高度物质文明的同时,也给城市生态环境留下了不可忽视的影响。一些已经发生的生态环境问题,受到人类的重视,城市管理者积极着手治理。而一些尚未发生的生态环境问题,则以隐患的方式存在,在短期内没有出现爆发灾害的征兆,人们甚至都难以觉察到,而这些隐患如果没有得到合理的规划管理,一旦在某时期突然爆发,酿成的巨大损失和对人类身体健康的危害不可估量,这就是城市生态风险。

城市化是一个循序渐进的发展过程,既有农业人口和非农业人口活动的地域集中、城市型景观的地域推进,又有城市文化的地域扩散,这些过程需要协调发展又不能完全同步,因此城市化存在着不同的阶段。城市化水平的高低,国际通用的表征方式是从事非农业劳动的人口占总人口的比重。但从城市化进程的特征来看,人口比重并不能完全表现出城市化的不同阶段。人口的聚集程度、工业化水平、土地利用变化趋势、消费模式等方面,都在不同城市化阶段表现出不同的特点,这些都是城市化进程的相关要素。不同城市化要素作为背后的驱动力带来的城市生态环境问题,或多种要素综合作用催生的复杂生态环境问题,都有着不同的特点,因此相应的生态风险也表现出一定的阶段性特征。

有学者研究了城市化对区域水环境造成的影响,指出城市化中人口增加、经济发展、产业结构变化、土地覆盖变化等要素带来的城市水污染和水灾害问题,并从城市化对区域水资源的水循环、径流、蒸发、地下水补给、水质的影响机制进行了具体分析(成颖,2013;曾晓燕等,2005)。另外,城市化还影响着城市水文特性,由于不透水面积增加和河道的改弯取直,流域产汇流条件变化,“雨岛效应”和“热岛效应”造成了降水量变化,局部暴雨机会增多,使城市雨洪灾害问题愈加严重(李翔泽等,2014;郑祚芳等,2014)。

城市的大规模扩张,最直接地导致大量土地转化为建设用地,对土地资源与环境的影响是巨大的。有学者认为城市化通过建设城市基础设施使土壤大面积封闭,生产生活集中大量排放污染物造成的环境压力,城市粮食需求使土地生产负荷等形式强烈影响着周边土壤资源与环境(蒋霞,2014;陈杰和陈晶中,2002)。高强度的人类活动对土壤资源产生的压力使其发生着可逆或不可逆的演变,随之而来的一系列诸如土地浪费、土壤污染、粮食安全等问题制约着城市的发展。

城市化带来的水土流失问题也开始得到重视。有学者指出,城市化过程中强烈的人为活动使地表植被和自然地形遭到严重破坏,结合城市暴雨径流和城市基础建设产生的大量松散堆积物,产生了日益严重的水土流失问题(张皓等,2014;丁文峰等,2006)。严重的水土流失不仅造成城市生态区土层变薄,土壤功能下降,同时土壤侵蚀产生的大量泥沙淤积于城市排洪渠、下水道、河道等排洪设施中,会大大降低这些设施的排洪泄洪能力,若遇高降水时期,易造成城市排水系统瘫痪甚至酿成洪涝灾害。

城市化对大气环境造成的影响有学者提出“城市气候”观点来解释,人为因子的强烈作用如人为热、污染物排放及下垫面性质的改变等使城市在区域气候背景下,形成了特殊的局地气候,其产生的热岛效应、混浊岛效应、局地环流效应、雨岛效应对大气环

境产生了恶劣影响,造成城市火炉、大气污染严重、能见度降低、大气酸化等问题。

另外,有学者就城市化过程中的景观生态环境的负面效应进行了研究,认为其存在景观单元的大量流失与区际失调、景观结构的单一化、城市地区景观破碎度增加、景观连续性较差、通达性较低等问题(李灿等,2013)。此外,生物多样性锐减、城市噪声辐射污染等城市通病,都给城市生态系统的健康带来危害,制约着城市的可持续发展。

城市化过程中出现的典型重大生态环境问题可以归结为以下几类:

(1)工业化带来的环境污染问题。城市化初期或工业城市,经济增长的强大动力来源于快速发展的工业企业,工业污染物以废水、废气、固体废弃物形式大量排放到环境,远远超过其自身降解能力。此外,由于管理及技术水平有限,工业“三废”甚至未经任何处理或处理不达标就排入环境,致使环境质量急剧下降,大气、水体、土壤都受到不同程度污染,城市环境恶化,严重威胁人类健康。

(2)机动车辆剧增带来的尾气污染及大面积灰霾天气。当城市产业结构优化调整后,大型工业企业外迁远离城市,工业带来的废气污染逐渐减轻。但随着人民生活水平的提高,城市机动车数量剧增,尾气排放量随之剧增,其中含有的有毒有害物质长期弥漫在城市空气中,空气品质恶化,引起呼吸道疾病。此外,机动车尾气中含有的有机物在一定自然气候条件下会形成光化学污染,造成灰霾天气。而我国部分城市在城市化过程中,受能源结构影响,尚存在煤烟型污染,与机动车尾气造成的光化学污染共存,加剧了部分城市的灰霾现象,甚至形成区域性复合型灰霾。

(3)人口聚集而带来的湖泊河流富营养化和固体废物处理问题。快速城市化进程中,存在城市基础设施建设水平滞后于城市化水平的阶段,这使得高度聚集的城市人口产生大量的生活污水与生活垃圾无法得到及时妥善处理,就被排入环境,使得城市内湖泊、河流富营养化情况严重,沿海区域赤潮屡现,地下水受到污染,流域水质同样受到影响。而目前固体废物无害化处置比率和资源化水平也同样远远落后于城市化水平,城郊成为城市垃圾的处理场,垃圾的堆放和简单填埋易引发事故,危险废物、废旧电子电器造成二次污染,城市生态系统的支撑腹地遭到严重破坏。

(4)城市规模扩张威胁城市生态系统安全。急剧的土地利用变化,大量林地、耕地等变为建设用地,导致土壤板结、水道阻塞、绿地缺失,使得城市生态系统结构破碎,生态服务功能紊乱。城市局部气候和水文条件改变,城市热岛效应、城市景观破碎、水土流失、雨污径流、生物多样性锐减等问题相继浮现。

(5)环境残留毒素带来累积生态环境隐患。虽然城市管理者已开始大力整治环境污染问题,要求“三废”达标排放,但在城市化初期已存在大气、水体、底泥、沉积物等环境介质中的持久性有机污染物与环境激素很难在短时间内消解。其与新增污染物结合,发生复杂的物理化学变化,可能产生更致命的有毒有害物质。而部分有机物早已进入农作物、家畜家禽、野生动物体内,通过生物富集作用,最后被人类摄入的量累积达到危害人类身体健康水平。

城市化初期,土地利用变化表现为大量农业耕地转化为工业区、商业区、生活区或交通干线,直接导致土层厚度减少,土壤空隙率下降,有机质含量下降,土壤容重增加,土壤微生物种类和数量减少。对这些城镇生态系统的影响则直接表现为耕地和草地、森

林等自然景观面积锐减。加上城市化初期对生态环境健康关注较少,城镇发展欠缺以生态观点为指导的规划,没有环境保护基础设施的保障,容易导致土壤肥力衰竭、土壤质量下降、生物多样性降低、水土流失、荒漠化等问题。另一方面,城市化进程也包括城市生活方式、价值观念、城市文明等向农村地区的渗透、扩散和传播。这种社会城市化,能在一定程度上改变人们的思想和观念影响资源消耗状况与环境保护效果,但现代的一些无节制的奢侈消费习惯会使本身就没有得到有效管理的生态环境问题雪上加霜,酿成生态风险。

总体来看,城市化水平较低的地区存在的生态风险问题相对简单,快速城市化的滞后性在这里体现明显,暂时没有尖锐的生态环境与城市发展的矛盾。但由于其发展的盲目性和滞后性,工业性质粗放,易导致自然生态系统退化、荒漠化、环境污染等问题。因为城市化水平低、人口密集度不高,这些问题暂时不会产生很大范围的严重影响。但随着城镇的进一步发展,这些问题会给城市生态系统带来威胁。

城市化进程中推动社会经济发展的原动力——工业化,在城市化中期占主体地位,主要通过城市土地利用变化和城市工业化影响生态系统,大多数生态环境问题因此产生。随着工业化、城市化进程的加快,人类消耗自然资源的速率也变得更快。在此过程中排放的大量有害污染物,对人体健康及人类赖以生存的环境造成巨大危害。尤其是近年来发生在国家或区域范围的污染事故,由于突发性强、破坏性大和后遗症严重,并伴有人员伤亡,往往会直接危及国家、民族的生活与生存,或引发大的政治危机(刘桂友等, 2007; 王金南等, 2013)。作为城市工业聚集地,一些工业如石化、钢铁涉及较多有毒有害物质,使得该地区存在的工业废弃物环境污染带有高度危险性,可能发生的突发事件会严重威胁到城市居民健康,给整个生态系统带来的影响甚至是毁灭性的,且会通过河流、土壤等途径祸及其他地区,造成区域生态灾难。其他如土壤生态功能丧失、自然景观减少、地表水和土壤污染等生态环境问题,虽然短时间内看起来不会产生严重后果,但会影响城市生态系统健康,制约城市的可持续发展,仍是不容忽视。

城市化水平越高也意味着城市生态系统受人类行为干扰越剧烈,影响越彻底,该城区中存在的物种大多为人工选择后保留的物种,品种单一,生态系统结构简单,生物多样性同城市化水平较低地区相比锐减。受人类行为干扰越剧烈也意味着该城市生态系统需要众多人工设施的支撑才能正常运转,城市水、电、油、气、热开采、供应和动力系统失灵等突发事件影响城市居民正常工作生活,恶性交通事故或恐怖事件造成城市瘫痪,人口高度密集有利于有害生物传播引起瘟疫流行,这些事件都会造成城市生态系统动荡,也属于主城区的城市生态系统风险。

高城市化水平地区存在的生态风险由多种要素综合作用产生,且影响范围广,发生频率高,一旦爆发以生态灾害的形式出现,对城市生态系统的打击是巨大的,可能给城市居民带来严重的后果,甚至危及生命安全,很难及时得到有效控制,会在很长一段时间内危害城市的正常运转。

不同城市化阶段存在的生态风险是不同的,与该区域的城市化水平及城市功能息息相关(表 1-1)。

表 1-1 不同城市化发展阶段存在的生态风险特征

城市化特征 城市化阶段	城市土地利用变化	城市工业化	人口城市化	消费结构变化
城市化初期	自然景观消失、水土流失、荒漠化	环境污染		
城市化中期	生态系统初级生产力降低、土壤肥力衰竭、土壤质量下降、生物多样性锐减、绿地减少、水土流失	空气、水、土壤有毒有害物质污染、重金属污染、酸雨	空气质量下降、风俗文化衰退	
城市化后期	生态绿地不足、洪涝灾害、热岛效应、水土流失、生物多样性锐减	热岛效应、土壤和水体化学有毒有害物质污染	湖泊富营养化、噪声污染、可吸入颗粒物污染、光化学烟雾、交通拥堵、Pb 污染、电磁辐射、人均绿地不足	土壤重金属污染 (Zn)、资源能源紧缺、加重近郊土壤资源承载负荷

1.2 城市生态风险的概念及内涵

1.2.1 生态风险与环境风险

环境风险是指暴露在环境压力下,对人体或生态系统健康产生有害后果的可能性 (USEPA, 2015),一般包括自然环境风险和人为环境风险。其中人为环境风险主要是指由于工业发展产生的污染等造成的环境风险 (卢静等, 2012)。

生态风险简单来说是指生态系统及其组分所承受的风险。在一定区域内,具有不确定性的事故或灾害,对生态系统及其组分可能产生的不利作用,包括生态系统结构和功能的损害,从而危害生态系统的安全和健康 (McDaniels et al., 1995; 卢亚灵等, 2012; 李谢辉和李景宜, 2015)。

要辨析环境风险与生态风险的概念,就需要从环境风险评价和生态风险评价内容入手。

环境风险评价是指对建设项目或区域开发行为诱变的灾害,以及自然灾害,对人体健康、经济发展、工程设施、生态系统等可能带来的损失进行识别、度量和管理工作。环境风险评价经历了污染事故的健康风险评价、事故评价和综合风险评价。在研究对象上,目前国内外污染事件造成各环境介质的风险研究较为成熟,学者以油田开发项目为风险源探讨综合事故可能性因素和环境影响因素,建立了一种针对油田开发生产过程的基于环境风险因素综合级数概念的半定量环境风险评价方法 (徐琳瑜等, 1999),还有油田的跨国界运输导致的环境风险的定量研究 (王学军等, 2012); 由于近年来水资源缺乏导致长期污灌造成的土壤重金属污染引发的环境风险也受到学者的关注,并开展定量分析污灌造成的重金属污染环境风险 (陈涛等, 2012); 水环境风险包括地表水和地下水环境风险研究,有学者从不同的关注角度对水体环境风险进行评估,包括湖泊河流的重金属污染环境风险 (郑磊等, 2014),由于工业企业造成的水源地环境风险 (田培等, 2013); 随着大气

环境污染日趋严重受到各方关注,有学者进行了包括化工企业造成的突发大气环境风险(陈郁等, 2012), 矿石开采等产生的 H_2S 、苯和甲苯等有害气体导致的大气环境风险(张凤君等, 2013), 等等。而在环境风险表征上, 目前对健康风险研究较为成熟。区域性综合风险评价起步最晚, 区域环境风险有着多源、多途径和多敏感目标的特点, 其评价方法相对复杂, 有学者针对这一特点, 基于网格法提出了一种区域环境风险评价的信息扩散法(刘桂友和徐琳瑜, 2007)。

而生态风险评价, 可以理解为评估暴露一种或多种压力因子后, 可能出现或正在出现的负面生态效应的可能性过程(EPA)。从评价对象考虑, 生态风险评价可以重点评价污染物排放、自然灾害及环境变迁等环境事件对动植物和生态系统产生不利作用的大小和概率, 也可以主要评价人类活动或自然灾害产生负面生态影响的概率和作用。

根据风险受体的不同, 可以将环境风险与生态风险联系起来。环境风险受体包括人类和生态系统, 因此环境风险评价也包括以人为风险受体的健康风险评价和以生态系统及其组分为风险受体的生态风险评价。

1.2.2 城市生态风险概念

生态风险是指在一定区域内, 具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的不利作用(包括对生态系统结构和功能的损害), 从而危及生态系统的安全和健康(刘希林和尚志海, 2014)。我国城市面临的生态风险包括气候地质灾害风险、水资源短缺、大气污染、固体废物污染、生物技术威胁、生物入侵等(张小飞等, 2011)。

城市生态风险即是指具有不确定性的自然灾害或人为活动给城市生态系统及其组分带来的不利影响。一些学者指出城市生态风险主要来在于自然灾害和人为活动两个方面, 风险源包括水资源短缺、洪水、大气污染、固体废物污染、生物入侵、城市热岛效应、土地沉陷等(Matsuwaki et al., 2015; Taylor et al., 2013; Wang et al., 2015; Wu and Tan, 2012; Xu et al., 2014), 目前已经从不同角度对这些潜在的生态风险开展了风险评价研究。

城市化过程包括城市人口的集中、城市文化的扩散及城市地域景观的改变与扩散 3 个主要特征, 其中地域景观的改变与扩散往往带来土地利用的变化。由于城市环境管理水平滞后于城市化进程, 城市土地利用变化、城市工业化、人口城市化和消费结构变化等城市化进程可能带来各种生态环境问题, 这些生态环境问题隐藏在城市化进程中, 可能会在某时段某区域爆发生态灾难, 这种具有隐蔽性的未来可能发生的生态灾难即城市生态风险。

城市生态风险是各种自然和人为灾害导致人居环境、人类赖以生存的生态支持系统(水文、土壤、空气、气候、能源、生物、地质)以及人群生态健康损害的连锁反应型风险。这种风险不只是直接的单因单果关系, 它能跨越大的时间尺度(累积性)、空间尺度(区域性)、管理尺度(行业、部门), 产生多种复合的生态效应(化学的、物理的、生物的、生理的、心理的、社会的、经济的)和多环节的链式反应, 打破正常的生态平衡, 最终导致生物和人的致病、致残、致畸、致癌, 给区域、部门和行业的社会经济发展带来直接和间接的负面影响。阳文锐等(2007)指出, 下述十类城市生态风险尤其需要深入研究:

(1)有毒、有害、易燃、易爆化学物质生产、运输、储存、处置过程中突发事件引发