

上海

环境科学集

上海环境科学编辑部 编

SHANGHAI
HUANJING KEXUEJI

上海科学技术出版社
Shanghai Scientific & Technical Publishers

(第
20
辑)

上海环境科学集 (第 20 辑)

上海环境科学编辑部 编

上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

上海环境科学集. 第 20 辑 / 上海环境科学编辑部
编. —上海: 上海科学技术出版社, 2018.6

ISBN 978-7-5478-3963-8

I. ①上… II. ①上… III. ①环境科学—上海—文集
IV. ①X-125.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 065018 号

上海环境科学集·第 20 辑

上海环境科学编辑部 编

上海世纪出版 (集团) 有限公司 出版、发行
上 海 科 学 技 术 出 版 社
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www.sstp.cn)
上海 ***** 印刷

开本 889×1194 1/16 印张 9.5

字数 200 千字

2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-3963-8/X·45

定价: 40.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

编委会

主 编：夏德祥

副 主 编：林卫青

执行副主编：唐东雄

编 委：夏德祥 林卫青

顾友直 唐东雄

梁丹涛 张 弛

目次

大中型城市声环境功能区划分及调整特点探讨·····	储益萍 周裕德 祝文英 (1)
上海市畜禽养殖污染管理分析与对策研究·····	何文娟 王振旗 钱晓雍 等 (5)
宁德市土壤侵蚀及其垂直格局特征研究·····	朱文超 阮俊杰 黄宇驰 等 (9)
上海地区夏季臭氧来源追踪数值模拟研究·····	安静宇 李 莉 严茹莎 等 (18)
应用反吊膜密闭收集污水处理过程中产生的尾气控制恶臭·····	李久奎 (24)
储油库不同油气回收处理装置使用情况分析·····	张家铭 沈 琳 (30)
介孔光催化材料 TiO_2 与 WO_3 的掺杂综述 ·····	李 雯 沈 超 谢 戈 (33)
虚拟化技术在环保信息化建设中的应用·····	马东致 (38)
不同微藻吸附重金属离子 Cd^{2+} 的实验研究 ·····	胡 琴 曹 艳 张喆倩 等 (43)
规模化畜禽场污染治理档案构建与管理技术研究·····	王振旗 沈根祥 钱晓雍 等 (49)
珊瑚礁生态系统修复与生态因子关系研究进展·····	孙 翔 王锋文 吴建华 等 (53)
宁波中心城区典型河道水质的时空变化趋势分析·····	石予白 陈青扬 李 诚 等 (59)
改性活性炭净化室内空气中甲醛和苯系物的应用研究·····	袁琳嫣 (64)
上海市在用柴油车排放限值减排效益研究·····	巢 渊 徐 驰 刘 娟 (73)
兰州市城关区大气微生物气溶胶污染状况调查与评价·····	陈 镔 许淑青 万 东 等 (78)
含重金属废水处理方法研究·····	李文杰 (85)
海洋环境监测基层机构的质量控制及技术保证·····	许海超 冯京涛 朱益龙 (90)
垃圾填埋场选址方法研究·····	宋媛媛 高惠璘 (93)
北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 组分 NO_3^- 浓度分布及来源模拟分析 ·····	刘妍妍 易文杰 程兵芬 等 (99)
应用 PT-CAM 模型分析光伏技术对城市的经济发展和环境的影响·····	吕 越 陈忠清 (106)

汽车荷载作用下桥梁伸缩缝噪声的实测研究·····	杨 阳 吕俊平 石林泽 等	(110)
浙南地区城市大气环境污染特征及防治对策研究·····	麻素挺 林海转 林 曦 等	(119)
太阳能光伏技术与建筑环境一体化应用研究·····	吕 越	(125)
基于改进的 AD-AS 模型评估浙江海洋生态承载力状况 ·····	刘淑窈 胡求光	(130)
地方政府在企业超标排污监管中的博弈分析及对策研究·····	邵贵平	(135)
城市化水平、经济增长与氮环境关系研究·····	吕 越	(139)
松江区经济增长与环境质量相关性分析·····	叶风华 诸玉辉	(143)

大中型城市声环境功能区划分及调整特点探讨

A Discussion on Characteristics of Acoustic Environmental Function Zoning and Adjustment for Large-and Medium-Scaled Cities

储益萍^{1,2} 周裕德^{1,2*} 祝文英^{1,2} (1. 上海市环境科学研究院, 上海 200233; 2. 上海城市环境噪声控制工程技术研究中心, 上海 200233)

Chu Yiping^{1,2} Zhou Yude^{1,2*} Zhu Wenying^{1,2} (1. Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233; 2. Shanghai Engineering Research Centre of Urban Environmental Noise Control, Shanghai 200233)

摘要 声环境功能区划分是执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)的前提,是城市环境噪声科学管理的基础,应对城市发展起引导作用。阐述了国内及上海市声环境功能区划分与调整现状及大中型城市的特点。从标准与连贯性、调整力度、区划类别确定等方面,详细分析了大中型城市声环境功能区划分与调整原则。

关键词: 声环境功能区 划分与调整 环境噪声管理 大中型城市

Abstract The functional zoning of acoustic environment is the prerequisite of implementing the environmental quality standard for noise (GB 3096-2008) and the basis of scientific management for urban ambient noise so as to guide the development of the cities. The status of acoustic environmental function zoning and adjustment in China and in Shanghai, in particular, as well as the characteristics of large- and medium-sized cities were presented. In respect to the standard and consistency, adjustment effort, identification of zoning categories, and etc., the functional zoning and adjustment principles for urban acoustic environment in large- and medium-scaled cities were analysed in detail.

Key words: Acoustic environmental function Zoning and adjustment Ambient noise management Large- and medium-scaled cities

声环境功能区划分(简称“声功能区划分”或“区划”)是落实《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(简称《噪声法》)、执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)的前提。

合理的声环境功能区划分是实现城市声环境分区分类科学管理的基础,不仅需要较好地符合城市现状,还应结合城市近期规划有一定的前瞻性;有助于促进城市声环境质量的改善;对城市发展起引导作用,为产业结构布局与调整提供指导意见^[1]。

我国大部分省市或主要城市均已开展了声环境功能区划分工作,尤其是大中型城市,部分已经过多次调整。人口密集的大中型城市,各项规划和建

设发展迅速,在声功能区划分及调整时应根据这些特点,有针对性地开展。本文由此入手,讨论大中型城市在声环境功能区划分与调整过程中的特点及工作原则。

1 声环境功能区划分与调整现状

20世纪90年代末起,很多省市或重点城市依

上海市环保科研基金项目,编号:沪环科[2016]29号。

第一作者储益萍,女,1979年生,2004年毕业于中国人民大学环境学院,硕士,工程师。

*通信联系人, zhouyd@saes.sh.cn。

据《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》(GB/T 15190-1994)陆续颁布了本辖区声功能区划,对区域噪声污染防治工作起到了指导作用,促进了声环境的管理与声环境质量的改善。

声环境功能区的划分与用地现状及规划、城市环境噪声管理要求密不可分,而在大的规划框架下,区域建设和城市发展日新月异,环境管理要求也不断提升,从而区划也必须及时调整,以适应新功能、新要求,尤其是发展迅速的大中型城市。如2016年,就有河北、山西、辽宁、浙江、福建、江西、河南、湖北、湖南、广东、贵州、云南、宁夏等13个省(自治区)所辖的25个市开展了声环境功能区调整工作^[2]。

以下以上海市为例,介绍声功能区划分与调整所经历的多个阶段。

(1) 1994年,首次颁布实施了《上海市城市区域环境噪声标准适用区划》,覆盖中心城区约500 km²。

(2) 随着城市化进程不断加快和《声环境质量标准》(GB3096-2008)的颁布执行,《上海市环境噪声标准适用区划》于2008年6月1日修订实施,覆盖了全市6340 km²,中心城区原有3类声功能区调整提高到2类标准,对声环境质量的的要求进一步提高。

(3) 随着“十二五”规划的实施,全市产业用地随104个产业地块划分等产生了较大范围的转移与调整,一批大型居住社区、保障性住房开始或完成了建设,使部分区域的既定声功能类别与地区规划和建设现状之间存在差异。2011年,《上海市环境噪声标准适用区划》再次修订,2012年3月起开始实施。

(4) 近年来,“104区块”“195区域”“198区域”逐步完善实施;大居、保障性住房、郊区卫星城镇、旅游区等持续建设;区域生态环境综合整治不断推进。区域土地功能变化较大,环境管理要求逐步提高,同时《声环境功能区划分技术规范》(GB/T 15190-2014)修订颁布。2016年上海市启动新一轮区划调整工作,现已完成主要工作,有待发布。

2 大中型城市的特点

大中型城市在开展声环境功能区划分工作时,以下特点需重点关注。

2.1 人口分布集中,密集化程度高

城市规模主要以城市人口数量为划分依据,大中型城市的城区常住人口至少50万人以上^[3],密集度高;在中心城区之外,通常还有多个城市副中心、卫星城

镇等人口密集的区域。在这些区域中,住宅、商住比例高。

2.2 城市建设发展迅速

由于经济发展需求和政策倾向性等各种因素,大中型城市的区域建设和发展速度较快,通常在战略性大规划的框架下,制定较为短期(5a以下甚至3a以内)的区域发展规划,城市功能布局和土地利用变化较快。

2.3 城区功能布局相对优化、郊区有一定数量的集中工业

近些年,在政府部门的努力下,大中型城市的城市功能布局相对较为合理、集约化程度高。如上海等城市在人口、土地、产业3个集中(工业向集中发展区集中、农民向城镇和新型社区集中、土地向适度规模经营集中)的战略导向下,土地利用集约,从而城区以商住、办公类土地为主,工业产业则在郊区集中。

2.4 环境管理要求高

随着技术手段的发展、土地功能布局的优化和人民群众环境意识的提高,大中型城市的环境管理要求也相对较高。

3 大中型城市声环境功能区划分与调整原则

根据GB/T15190-2014,声功能区划分过程中,应遵守的基本原则包括:区划应以城市规划为指导,按区域规划用地的主导功能、用地现状确定;单块的区划面积,原则上不小于0.5 km²;调整区划类别需进行充分的说明;严格控制4类区范围等^[1]。

大中型城市在声功能区划分与调整时,除上述基本原则外,还应根据其特点,确定一些有针对性的工作原则,以便使区划工作更有效率、更具科学性和合理性,并具备与时俱进的优势。

3.1 高标准与连贯性

大中型城市在产业发展和布局方面往往更具前瞻性、产业环保程度高,可视情况对某些区域执行较高的环境管理要求。例如上海,部分工业区以高新技术等为主导产业,相对低污染,因此地区环保主管部门及管委会提高管理要求,将其确定为2类声环境功能区;对于这类区块,在开展区划调整时,若近年实际管理中无突出矛盾,则建议以保持连贯性为原则,维持原区划类别。

3.2 提高适时调整力度

GB/T15190-2014中提出“根据城市规模和用地

变化情况,噪声区划可适时调整,原则上不超过5a调整1次”。对于大中小型城市,因城市建设发展迅速,“适时调整”的原则可更进一步,在新的区划调整实施之前,对于有充分批复依据的工业区、大居等区域,区划类别范围可按规划批复范围相应调整,便于科学管理,体现前瞻性。

上海市规定:对国务院、市政府批准的大型居住社区、新增工业区、独立工矿用地或者工业区范围调整的,噪声标准适用区可按用地性质或经国务院、市政府批准的规划作相应调整,由市环保局按调整的规划公布执行。

3.3 城区与居住区的区划类别确定

根据GB/T 15190-2014,符合下列条件之一的划为1类声环境功能区^[1]。

(1) 对于城市用地现状已形成一定规模或近期规划已明确主要功能的区域,其用地性质以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能,需要保持安静的区域。

(2) I类用地^[1]占地率大于70%(含70%)的混合用地区域。

但从大中小型城市的实际情况来看,城区范围若划定为1类区通常达不到声环境质量要求;如上海市,中心城区内以居住、商办等为主,但大部分区域夜间声级基本无法满足相应的1类区要求。

根据实践经验,城市区域声环境质量(以昼夜等效噪声级 L_{dn} 表征)与多个因素有关,包括人口密度、道路密度、机动车密度、绿化密度、区域经济产值等;可用下式表示:

$$L_{dn} \propto (X_1, X_2, X_3, X_4, 1/X_5) \quad (1)$$

式中, X_1 ——人口密度,指每平方公里人口数;

X_2 ——区域道路总面积;

X_3 ——机动车在驶密度,指每平方公里机动车数量;

X_4 ——区域经济总产值;

X_5 ——区域绿地面积。

进一步研究发现,式(1)中起关键作用的因素是人口密度,其他因素均是通过某种方式与之相关联的指标。美国环保署经大量测试分析后发布资料显示^[4],环境噪声与人口密度的关系可归纳为下面的经验公式:

$$L_{dn} = 10 \lg X_1 + 22 \quad (2)$$

大中小型城市人口密度普遍较大,以上海市^[5]为例,2015年人口密度最大的区常住人口近3.5万人/km²;

中心城区各区及近年来不断建设的大型居住社区常住人口密度均达10000人/km²以上。根据式(2),这些区域环境声级无法满足1类声功能区昼夜声级要求[L_{dn} 为55dB(A)]。

根据上海市的一项研究发现^[6],以体现背景声级的 L_{90} 考量,其与人口密度的相关性可用下式表示:

$$L_{90} = 9.04 \lg X_1 + 11.1 \quad (3)$$

当人口密度达到10000人/km²时, L_{90} (相当于背景声级)约为47dB(A),也比1类区标准夜间限值[夜间45dB(A)]高。

因此,对于大中小型城市,声功能区划分时不仅要考虑用地性质,还要考虑人口密度。人口密集的中心城区、大型居住区等,宜以2类区为主导。

3.4 4类适用区的划定

根据GB/T 15190-2014,4类声环境功能区是指交通干线边界线外一定距离内的区域,以及具有一定规模的交通服务区域;同时对于“交通干线”的等级范围也有明确定义。

有些城市在进行声功能区划分时,列出了所有符合规范定义的交通干线。但在城市建设飞速发展的大中小型城市,具体有哪些工程或路段属于“交通干线”,这将是一个很长的清单,同时也是一个处于不断变化中的清单。尤其是城市道路,变化频率较高、且不同路段的等级均可能有差异,每年均会有新的道路规划或建成。

因此,在大中小型城市,为适应变化、有效管理,建议可不列出交通干线清单,仅明确交通干线的定义和范围,不同工程根据各自规划等级确定是否需划定4类区;新建工程在规划确定后也可直接按此执行。

此外,规范中对于4类区的划定以临街建筑楼层高度为区分,当临街建筑高于3层楼房以上(含3层)时,为临街建筑面向交通干线一侧至交通干线边界线的区域;低于3层时为交通干线边界线外一定距离内的区域^[1]。但在大中小型城市,越来越多线路以高架形式通过,从噪声分布及其影响角度考虑,建议以临街建筑平路面以上的楼层高度作为区分原则为宜。

3.5 不同区域执行不同的划分次序

在GB/T 15190-2014中,对1、2、3类声环境功能区的划分提出了统一的划分次序。但不同区域用地性质不同,尤其是在大中小型城市,往往城区与城郊、农村的差异较大,城区可能普遍属2类区,农村则可能普遍属1类区。因此在具体开展声功能区划分或调

整复核工作时,应针对不同区域特点,确定合理的划分或复核的先后次序,这对提高工作效率与准确性而言有很大作用。

如上海市共有16个区,对于中心城区及以城市区域为主的区,建议在划分3类区和交通服务区域类型的4类区基础上,先对1类区进行划分。在确认完1类区后,剩余部分为2类区;对于以农村区域为主的郊区,则建议在划分完3、4类区基础上,先对2类区进行划分,剩余部分为1类区。线型4类区按照其工程等级确定,并在最后根据与之相邻地块的声功能区类别确定两侧4类区范围。区划调整时,也采取如上的不同次序。

3.6 调整时无批复依据的应从严执行

按法规规定,所有工程项目应在取得规划许可后实施。但在城市发展过程中,难免存在一些区域,在没有相关批复的情况下已实施。这当中包括一些未批先建的违法项目,也包括一些城镇改造、生态环境综合整治、散乱工矿企业拆违复垦等情况。

在声功能区调整时,对于没有批复依据、但现状用地变化已形成的地块,应遵循从严执行的原则,即用地性质改善、区划类别有提高的可调整,如3、4类调整为1、2类等情况,可实施调整;反之则一般不予调整。

3.7 加强与地区相关管理部门的沟通

大中型城市因规模较大,往往包含多个下一级行政区划,在声功能区划分与调整过程中,应充分征求下一级行政主管部门、街道、工业区管委会等相关方的意见,以更好地体现不同区域特点及管理要求。

上海在开展区划调整时,首先由市环保部门及课题组对各区环保部门相关人员进行工作方案培训,由各区在征求街镇等相关方意见的基础上,根据辖区特点与管理要求,提出本区的调整申请,并附相关批复

依据;市环保部门及课题组对全市声功能区划进行核查、列出问题区块或调整建议,与各区进行充分沟通与论证;形成调整初稿后,发各区征求意见。从而,各区参与了区划调整的全过程,在各阶段均可提出各自的意见与建议,充分考虑了地区环境管理要求。

4 结语

中国大中型城市有数十个,各有各的特点,但在某些方面也具有一定的共性。声环境功能区划分与调整过程中,除依照GB/T 15190-2014技术规范要求外,还应根据不同城市和区域特征,制定有针对性的原则和方法,进一步体现合理性、科学性。本文针对大中型城市典型特点,提出了一些特征性的工作原则及注意要点,以供参考。

5 参考文献

- [1] 中华人民共和国环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. 声环境功能区划分技术规范(GB/T 15190-2014)[S]. 北京:中国环境出版社,2015.
- [2] 中华人民共和国环境保护部. 2017年中国环境噪声污染防治报告[EB]. (2017-06-01)[2017-07-01]. http://dqhj.mep.gov.cn/dqmyyzshjgl/zshjgl/201706/t20170601_415153.shtml.
- [3] 中华人民共和国国务院. 关于调整城市规模划分标准的通知(国发[2014]51号)[EB]. (2014-11-20)[2017-07-01]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/20/content_9225.htm.
- [4] 洪宗辉,潘仲麟. 环境噪声控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,2002:113-114.
- [5] 上海市统计局. 2016上海统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2016.
- [6] 夏德荣. 城市人口密度与环境噪声污染[J]. 上海环境科学,1984(3):25-28.

责任编辑 梁丹涛(收到修改稿日期:2017-07-20)

上海市畜禽养殖污染管理分析与对策研究

Analyses on Management of and Countermeasures for Livestock and Poultry Rearing Pollution in Shanghai

何文娟¹ 王振旗^{2*} 钱晓雍² 李金文² 徐昶² 龚珧³ (1. 上海市金山区辐射和危险废物管理中心, 上海 200540; 2. 上海市环境科学研究院, 上海 200233; 3. 上海市环境保护局, 上海 200003)

He Wenjuan¹ Wang Zhenqi^{2*} Qian Xiaoyong² Li Jinwen² Xu Chang² Gong Long³ (1. Jinshan District Radiation and Hazardous Waste Management Centre, Shanghai 200540; 2. Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233; 3. Shanghai Environmental Protection Bureau, Shanghai 200003)

摘要 在对“十二五”畜禽养殖污染减排工作成效回顾评价的基础上,系统梳理了上海市规模化畜禽场和养殖专业户污染排放特征及配套设施建设现状,分析了现阶段针对这2种养殖模式的监管手段及存在问题,从实施生态还田精细化管理、出台畜禽排污许可证制度、构建行政考核问责机制3方面提出今后上海市畜禽养殖污染防控及管理对策。

关键词: 畜禽养殖 污染管理 资源循环利用 上海市

Abstract Based on reviewing the effects of livestock rearing pollution reduction in the “12th Five-Year Plan” period, the pollutant emission characteristics and supporting control facilities in centralised animal husbandry farms and self-employed farmers in Shanghai were systematically analysed. Meanwhile, the supervision means for and existent problems in those two categories of rearing modes were studied. The countermeasures for livestock rearing pollution control and management were proposed including refined management by the application of manure returning to farmland, promulgation of permits system for pollutant emission from animal husbandry, and construction of the mechanisms of administrative appraisal and accountability.

Key words: Livestock and poultry rearing Pollution management Resources recycling Shanghai City

2000年以后,我国畜禽养殖集约化程度逐年提高,而配套粪尿处理工程建设和运行管理却相对滞后,已成为我国广大农村地区环境污染的主要来源之一^[1]。“十二五”期间,国家首次将农业纳入主要污染物总量减排控制范围,全面推进了以规模化畜禽场废弃物处理利用为核心的农业源污染治理工作,4万余家养殖场建设了规范化粪污处理设施^[2]。其中,上海市确立了以资源化还田利用为主的规模化畜禽场污染减排路径,建成规模化畜禽场污染减排工程88个,化学需氧量(COD)和氨氮(NH₃-N)分别削减5 619 t、556 t,环境效益显著^[3]。

“十三五”期间,上海市启动了新一轮以“减量

提质”为宗旨的《上海市养殖业布局规划(2015—2040年)》(以下简称“规划”),畜禽养殖管理重心调整为加快落后养殖场(户)退养关闭和健全保留养殖场污染治理设施并建立长效运行机制。因此,本研究旨在以畜禽规模化养殖为核心,通过系统分析现阶段上海市

国家水体污染控制与治理科技重大专项(编号:2014ZX07602-004),上海市环保科研项目(编号:沪环科[2016]-04),上海市环保科研项目(编号:沪环科[2016]-15),上海市环保科研项目(编号:沪环科[2017]-31)共同资助。

第一作者何文娟,女,1969生,2005年毕业于上海师范大学,助理工程师。

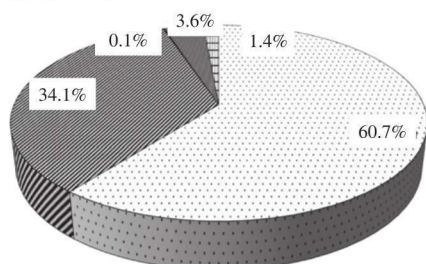
*通信联系人, wangzq@saes.sh.cn。

畜禽养殖污染管理现状及存在的问题,有针对性地提出对策措施,以期对相关主管部门“十三五”乃至今后深入开展养殖场污染治理、制定畜禽养殖污染防控政策提供技术参考。

1 畜禽养殖和污染排放现状

1.1 畜禽养殖概况

根据2015年环境统计数据,上海市规模化畜禽场共355家,养殖规模为生猪156.0万头(年出栏)、奶牛5.7万头(年存栏)、蛋鸡156.0万羽(年存栏)、肉鸡926.0万羽(年出栏)、肉牛0.02万头(年出栏);专业户3000余家,养殖规模为猪82万头(出栏)、蛋鸡142万羽(存栏)、肉鸡1957万羽(出栏)。为便于统一尺度分析比较不同畜禽品种的养殖量,按照标准猪进行折算后^[4-5],全市规模化畜禽养殖量约257.1万头标准猪(出栏),占养殖总量的73.3%,为本市重点监控污染源。其中,猪和奶牛养殖量分别占60.7%和34.1%,为上海市畜禽规模养殖污染的主要排放源(见图1)。



□ 生猪; ▨ 奶牛; ■ 肉牛; □ 蛋鸡; □ 肉鸡

图1 上海市规模化畜禽养殖场五类畜禽养殖规模比例

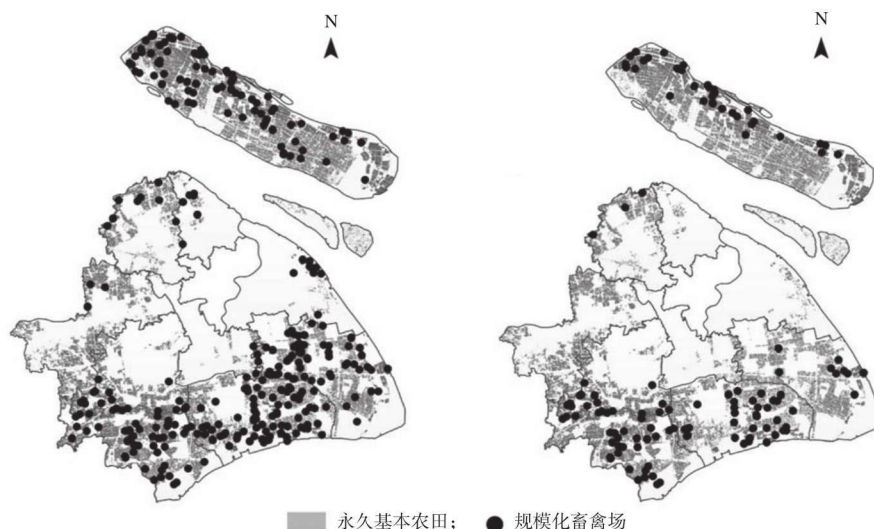


图2 上海市规模化畜禽养殖场分布

左图: 2015 现状; 右图: 2020 年规划

1.2 畜禽养殖分布

按上海市2015年行政区划,以9个郊区(含市属单位)为单元,上海市规模化畜禽养殖场现状(2015年)和规划(2020年)分布见图2。2015年,崇明、浦东、奉贤和金山4个区占总量的80.9%,种养平衡失调、环保监察力度不足、治理形势严峻等问题突出,亦是“十二五”期间重点减排区域。《规划》明确,到2020年全市“四大品种”(猪、奶牛、蛋鸡和肉鸡)养殖总量缩减为标准猪199.99万头,含规模化养殖场158个、种养结合家庭农场93个(均为生猪养殖,位于松江区),宝山区、闵行区、青浦区畜禽养殖场将全部减量拆除。由于奉贤区计划在《规划》的基础上进一步缩减养殖规模,畜禽主产区将逐步集中于崇明区、金山区和松江区。从污染物排放量的空间分布来看,非规模化养殖主要分布在奉贤区的金汇镇、奉城镇、海湾镇等,浦东新区的大团镇、四团镇等,金山区的枫泾镇、廊下镇、朱泾镇等,与畜禽规模养殖较大的区域分布基本一致。

1.3 污染排放总量

根据2015年环境统计年报,上海市畜禽养殖COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量分别为 $2.35 \times 10^4 \text{t}$ 、 $0.20 \times 10^4 \text{t}$,占全市排放总量(工业源、农业源、生活源和集中式排放设施)的11.8%和4.7%,占农业源排放量的81.0%和66.7%,是郊区水环境污染的重要来源之一。针对畜禽养殖污染物排放,由于专业户粪尿处理设施简陋,且基本处于监管缺失状态,尽管养殖总量仅占全市的26.7%,但COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放总量分别占畜禽养殖污染排放量的55.1%和43.9%。随着近年来全

市不规范养殖户整治工作的持续推进,养殖户排放比例将大幅降低。

2 污染治理与设施建设

2.1 规模化畜禽养殖场

依托过去 10 余年畜牧业标准化生态养殖基地建设、畜禽养殖沼气工程等污染治理项目的推进实施,上海市畜禽规模养殖污染排放负荷有所降低,但由于成立于 20 世纪 60 ~ 90 年代的规模化畜禽场占有较大比重,治理设施简陋或不配套、粪尿资源化综合利用水平低、综合运行成本高等问题普遍存在,加之已建成治理设施远达不到处理目的,达标工程废弃、沼气产气率低下等不良运行情况已成为畜禽养殖业可持续发展面临的主要问题。在 2011 年进入以污染减排为抓手的全过程污染治理工程实施阶段以后,畜禽养殖污染治理形成了以生态还田为主的资源循环、能源利用多途径综合处理体系。

2.1.1 已完成减排工程养殖场

“十二五”期间,上海市按照以资源化还田利用为主、工业化达标治理为辅的技术模式^[6],共完成 88 个规模化畜禽场污染减排项目,覆盖了约 60% 的畜禽规模养殖量。减排工程涵盖了源头清洁生产至末端废弃物综合利用全过程控制,基本做到雨污分流、粪便和污水单独收集。在资源化还田利用环节中,固体粪通过干式发酵后或直接生产有机肥,污水经厌氧处理后就近还田利用,配套设施包括沼气(厌氧)池、沼液(污水)储存池、有机肥生产间、沼液(污水)还田利用管网等;对于工业化达标治理模式,固体粪直接生产有机肥,污水经处理至相关标准后排放或预处理后纳入污水处理厂进一步处理,配套设施包括污水厌氧-好氧处理池、堆粪棚、有机肥生产间等。

2.1.2 未实施减排工程养殖场

针对尚未实施污染减排工程的规模化畜禽场污染治理情况,在 2015 年开展的“一场一档”现场检查中发现,50% 以上的养殖场存在环境违法行为,主要原因有负责人主观故意、无配套处理设施、治理设施废弃不用等,形势十分严峻。对粪便污水进行简易处理的养殖场不足 50%,处理方式包括:① 直接纳管(未达纳管标准),主要分布在宝山区、浦东新区等;② 片区沼气工程(沼渣液委托还田),主要分布在崇明区;③ 简易还田(配备管道或车辆),主要分布在金山区、浦东新区、崇明区等;④ 垫草垫料养殖,主要分布在嘉定区、崇明区等。

2.2 非规模化养殖户

经实地调研,在非规模化畜禽养殖中,本地户主自养/外来人员租养约为 1.5。出于经济考虑,大部分养殖户对粪便污水的治理较为忽视,储存和处理设施均极为简陋,缺乏防渗、防雨等措施,甚至无环保设施,粪便随意露天堆放、污水直排河道、泔脚饲养、与居民区混杂等问题十分突出,尤其以生猪养殖污染风险最高,污染物排放占排放总量的 90% 以上。该类养殖方式不仅存在较大安全隐患,且会对区域环境造成严重影响。

3 管理手段及存在问题

3.1 强化执法检查力度

由于我国畜禽养殖污染治理长效机制尚不完善,自 2015 年起,依托《畜禽规模养殖污染防治条例》等法律法规的出台,上海市编制了检查工作手册,对养殖场环境违法监察由过去的一年 0 ~ 1 次改为一年 2 ~ 4 次,一定程度上督促了养殖场按照规范建设和运行污染治理设施。但近两年开展的专项检查中发现仍有部分养殖场存在环境违法行为,主要有:① 周边无配套农田或无法实现粪尿就近还田,导致污水无出路;② 养殖场未配置专业环保技术人员,污水处理/预处理设施运行呈现出经常性不正常状态,且处理费用高达 20 元/t 以上,污水达标困难;③ 基层环境执法人员配置和能力建设不足,个别养殖大区无法实现监管全覆盖。

3.2 试点探索第三方治理

2009 年至今,崇明、奉贤、金山等区试点开展了托管运行模式,养殖场委托第三方公司运行沼气工程、污水处理/预处理设施,一定程度上缓解了自身缺乏专业运维技术的问题。但经调研发现,由于在规模化畜禽养殖场污染治理领域缺乏规范性强、托管内容明确的第三方运行管理的指导意见,该批运维公司往往重视沼气生产和沼气发电,而对沼液还田环节重视程度不足;过于关注达标工程的运行效果,缺少对产污至末端处理的系统考虑,经常出现因前端干湿未有效分离导致微生物体系崩溃的问题。另外,由于我国养殖业脱离种植业并长期分离,在种养结合循环农业发展政策缺乏的情况下,种植业主对粪便污水利用的积极性会逐步丧失,难以形成长期稳定的粪肥还田良性循环。

3.3 取缔不规范畜禽养殖

自 2007 年以来,上海市积极开展畜禽不规范养殖整治,对城市化较快的近郊实行退养或减量化,并

大幅削减承载能力超标地区的畜禽养殖量,已累积整治养殖设施简陋、粪便污水直排、场群矛盾突出、存在“五违”问题的不规范养殖户 8 500 余家。但该类养殖户流动性强、养殖量随机性大,且受市场价格波动、镇村鼓励政策等因素导致“返潮”现象十分突出。另外,由于农村畜禽养殖用地往往与村级组织建立长期租赁关系,但又难以有效监管其用途,导致畜禽养殖污染无法有效监管;各级农业部门作为畜禽养殖的管理主体,通常以规模化畜禽养殖场的建设和管理为主要任务,对于量大面广且动态变化较大的畜禽散养户往往无力进行有效监管,导致对畜禽散养户管理缺失。

4 对策措施

4.1 实施生态还田精细化管理

随着以基本农田畜禽承载力为依据编制的《规划》落地实施,资源化还田利用将作为上海市今后畜禽养殖污染控制的主导技术模式。在此背景下,须尽快编制并实施《上海市畜禽粪尿生态还田污染防治技术规范》,作为规模化畜禽场采用“生态还田”治理模式开展污染治理的参考依据,在液肥储存、农田匹配、施肥管理、用量监控等方面提出技术要求,设置建设沼气工程的门槛限制,将生态还田为主的资源化循环利用模式做到精细化管理。

4.2 出台畜禽排污许可证制度

“十三五”期间,针对规划保留的 160 余家规模化畜禽场,出台以排污许可证制度为主的规模化畜禽场污染减排长效管理配套政策,进一步梳理并明确相关管理部门职能,按资源化还田利用、生物发酵床和工业化达标治理 3 种畜禽废弃物处置方式,开展规模化畜禽场废水、废气(主要指恶臭)、固废和噪声排放综合许可管理,实现对养殖场系统化、精细化、信息化的“一证式”管理,进而监督养殖场治理设施的长效稳定运行。

4.3 构建行政考核和问责机制

针对不规范养殖问题,由于长期缺乏明确的主管部门,建议以乡镇为单位,将部门联合执法作

为工作基础,通过租赁合同不续约(针对外地户籍养殖户)、沟通劝停(针对本地户籍养殖户)、拆除违建、环保执法、食品安全执法等多种途径开展综合整治。同时,为巩固治理成效,需构建行政考核和问责机制,对完成项目实行“回头看”,调整关闭的不规范中小养殖场(户),必须拆除养殖棚舍,复垦土地;对整治后非养殖区再次出现不规范养殖的村干部进行严格行政问责。

5 结语

上海市畜禽养殖污染问题出现较早,通过近 30 年的探索与实践,在治理技术研发、管理机制创新等方面均有了长足发展。结合新一轮畜禽养殖布局调整,上海市将逐步实现基于农田氮磷养分平衡的种养协调发展模式,环保管理重心亦将由市级部门逐步转移到区镇级部门,工作重点应主要围绕组建长期有效的三级联动管理体系、监管畜禽养殖粪尿还田利用项目运行和畜禽养殖污染治理效益评估等工作展开,形成适于本地区的畜禽养殖污染管理体制机制。

6 参考文献

- [1] 杨飞,杨世琦,诸云强,等.中国近 30 年畜禽养殖量及其耕地氮污染负荷分析[J].农业工程学报,2013,29(05):1-11.
- [2] 吴根义,宋李思莹,孙浩,等.“十二五”时期农业源污染物总量减排分析[J].环境保护,2015,43(21):28-30.
- [3] 王振旗,张心良,郑恺,等.“十二五”农业源污染减排绩效分析与评价——以上海市为例[J].环境保护,2016,44(18):60-62.
- [4] 王奇,陈海丹,王会.基于土地氮磷承载力的区域畜禽养殖总量控制研究[J].中国农学通报,2011,27(03):279-284.
- [5] 沈根祥,钱晓雍,梁丹涛,等.基于氮磷养分管理的畜禽场粪便匹配农田面积[J].农业工程学报,2007,22(02):268-271.
- [6] 王振旗,钱晓雍,沈根祥.上海市规模化畜禽场污染减排模式分析与应用[J].农业环境科学学报,2014,33(10):2030-2035.

责任编辑 张弛 (收到修改稿日期:2017-04-28)

宁德市土壤侵蚀及其垂直格局特征研究

Studies on Soil Erosion and Its Characteristics of Vertical Patterns in Ningde City

朱文超 阮俊杰* 黄宇驰 王 敏 (上海市环境科学研究院, 上海 200233)

Zhu Wenchao Ruan Junjie* Huang Yuchi Wang Min (Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233)

摘要 基于修正通用土壤流失方程 RUSLE, 对宁德市土壤侵蚀进行模拟, 分析了该地区土壤侵蚀强度及其垂直格局特征。结果表明: 宁德市年土壤侵蚀总量为 2.82×10^7 t, 平均侵蚀模数为 $22.12 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 属于轻度侵蚀。土壤侵蚀空间异质性明显, 总体呈西、北部高, 东、南部低, 中部略高的格局特征。土壤侵蚀格局与高程存在明显相关性, 且在垂直梯度上存在一定的差异, 表现为: 高度与土壤侵蚀程度、景观破碎化程度和景观多样性正相关, 与土壤景观形状复杂性和连通性负相关; 低、中、高海拔之间土壤侵蚀差异性显著; 在较低和较高海拔地区, 土壤侵蚀格局变化幅度较大, 而在中等海拔地区较为稳定。

关键词: 土壤侵蚀 景观格局 垂直梯度 宁德市

Abstract Based on the RUSLE model, the soil erosion in Ningde City was simulated, and the intensity of soil erosion and its characteristics of vertical patterns were analysed. The results have shown that the annual soil erosion in Ningde City amounts to approximately 28.2 million tonnes with average erosion modulus of 22.12 t/ha/yr for the entire region being a kind of mild erosion. Spatial heterogeneity of the soil erosion is evident presenting a feature of being higher in the west and north, lower in the east and south whilst slightly higher in the centre. There is obvious correlation between the soil erosion pattern and site elevation, whilst some differences in vertical gradient exist showing that the elevation is positively correlated with the extents of soil erosion and landscape fragmentation as well as with the landscape diversity, and is negatively with the landscape shape complexity and connectivity. The soil erosion occurred at low, medium or high altitude is significantly different. The soil erosion pattern changes greatly in the area of lower or higher altitude, and is relatively stable at medium altitude area.

Key words: Soil erosion Landscape pattern Vertical gradient Ningde City

土壤侵蚀是自然的过程, 但过量的土壤侵蚀将导致土壤层变薄, 肥力衰退, 含蓄水能力降低, 从而导致耕地荒芜、气候恶劣、生态环境恶化等自然灾害, 目前, 土壤侵蚀已成为全球范围内主要的环境问题之一^[1]。景观空间格局分析作为景观生态学研究的重要组成部分, 是研究景观格局-生态过程相互作用的基本方法^[2]。因此, 对土壤侵蚀景观格局进行分析, 可以揭示土壤侵蚀空间格局与生态过程及其驱动因素, 为有效治理土壤侵蚀提供科学依据^[3]。目前对土壤侵

蚀景观的研究主要集中在水平格局层面, 而在垂直梯度上研究土壤侵蚀景观格局较少。相关研究表明, 土壤侵蚀景观格局在垂直梯度上具有明显的分异性, 对

宁德市生态文明战略研究课题资助; 国家环保部生态环境项目, 编号: STSN-05。

第一作者朱文超, 男, 1987年生, 2015年毕业于上海师范大学生命与环境科学学院, 助理工程师。

* 通信联系人, dhurjj@126.com。

研究土壤侵蚀过程具有重要意义^[4-7]。因此,研究土壤侵蚀垂直格局特征,可以协同其水平特征研究,更全面地揭示土壤侵蚀景观空间格局,从而为土壤侵蚀治理提供技术支持。

宁德市位于福建省东北部,地形复杂多样,生态资源丰富,同时也是全省水土流失最为严重的地区之一^[8]。近年来,随着海峡西岸经济区发展战略的实施,宁德地区人口剧增,经济快速发展,生态系统所受干扰加剧,土地利用发生改变,自然植被锐减,土壤侵蚀加剧,区域生态安全受到威胁。本文研究了宁德市土壤侵蚀强度及其垂直格局特征,初步探讨了土壤侵蚀的影响因素,以期为该地区的水土保持管理提供支持。

1 研究区域概况

宁德市位于东经 118°32′~120°44′,北纬 26°18′~27°4′。东邻东海,南通福州,西邻南平,北与浙江温州接壤。东西宽 190.7 km,南北长 155.3 km,土地总面积为 13 452.4 km²。地势西北高、东南低,地貌以山地丘陵为主,其间杂有山间盆地,沿海一带间夹滨海堆积平原。宁德市属中亚热带海洋性季风湿润气候,降水充沛,日照充足,气候宜人。区内水系沿构造线发育,河流多呈西北-东南走向,形成独流诸河。土壤以盐斑田、块田、黄泥田为主,成土母质为海相沉积物,经多年耕垦,土体表层已明显脱盐,底层仍有盐分存在,土壤肥沃,养分丰富,属中产土壤。近 10 年,宁德地区人口剧增,经济发展,地区生产总值和人均生产总值具有较大幅度增加。地区产业结构继续调整,第一产业比重继续下降,第二产业比重稳步上升,第三产业比重有所下降。

2 研究方法

2.1 数据来源及预处理

本研究所用到的数据包括土地利用数据、数字高程模型(DEM)、降水数据和土壤数据。土地利用解译源数据为 2010 年的空间分辨率为 30 m 的 4、3、2 波段假彩色合成的 Landsat TM/ETM+ 遥感影像、数字地图以及相应的野外调查和统计资料等。将影像进行几何校正后拼接,处理好后通过计算机进行自动识别和人工解译的方法进行监督分类,采用最大似然监督分类方法,其分类原则是求出每个像元对应各类型的归属概率,将该像元分到归属概率最大的类型中去。训练样区尽量在各类型面积较大的中心选取,从而使其具有代表性,本次分类精度为 85%。DEM 来

自全球科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站,空间分辨率为 30 m。降水观测点位数据来自宁德市气象局,在 ArcGIS 环境下,通过空间插值获得宁德地区降水数据。土壤数据由纸质版土壤图通过数字化获得。

2.2 侵蚀强度计算

采用修正通用土壤流失方程 RUSLE 为评价模型,其表达式为:

$$A = R \cdot K \cdot L_s \cdot C \cdot P$$

式中, A ——年均土壤侵蚀模数 [$t/(hm^2 \cdot a)$];

R ——降雨侵蚀力因子

$$[(MJ \cdot mm)/(hm^2 \cdot h \cdot a)];$$

K ——土壤可蚀性因子

$$[(t \cdot hm^2 \cdot h)/(MJ \cdot mm \cdot hm^2)];$$

L_s ——地形因子,无量纲;

C ——植被覆盖因子,无量纲;

P ——水土保持控制措施因子,无量纲。

降雨侵蚀力因子 R : 反映了降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,是进行土壤侵蚀预报的重要因子^[9-10]。本研究采用周伏建等根据福建省实测数据建立的 R 值计算式^[11]:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-1.5527 + 0.1792P_i)$$

式中, P_i ——月均降雨量 (mm)。

土壤可蚀性因子 K : 这是土壤对雨滴击溅或地表径流等侵蚀介质剥蚀和搬运的敏感性,是土壤抵抗侵蚀能力的综合体现^[12]。宁德地区主要有 9 个土类,目前国内学者对福建和广东各类土壤可蚀性因子已有研究,本研究通过检索相关文献中的同类土壤的土壤可蚀性 K 值,获得宁德地区各类土壤的土壤可蚀性因子 K 值^[13-14]。根据已经数字化的土壤数据,赋予每种土类土壤可蚀性 K 值,即获得了宁德地区土壤可蚀性因子 K 值空间分布数据。

地形因子 L_s : 这是最为重要的参数,反映了坡度与地表状况之间的关系,它本质上是雨滴或泥沙流动直到能量消失为止的距离,用与标准侵蚀小区(坡度为 9%,坡长为 22.13 m)的比值来表示,反映地形地貌特征对土壤侵蚀的影响^[15-16]。

本研究根据相关研究成果,将坡度域值设为 25%,当坡度小于坡度域值时,地形因子计算方法见下式:

$$L_s = \left(\frac{F_a \cdot C_s}{22.13} \right)^n \left[\left(\frac{\sin(S \cdot 0.01745)}{0.09} \right)^{1.4} \right] \times 1.6$$

$$n = \begin{cases} 0.5, S \geq 5\% \\ 0.4, 3.5\% < S < 5\% \\ 0.3, 1\% < S \leq 3.5\% \\ 0.2, S \leq 1\% \end{cases}$$

当坡度大于坡度域值时，地形因子计算方法如式：

$$L_s = 0.08\lambda^{0.35}P_s^{0.6}$$
$$\lambda = \begin{cases} C_s, \text{流向}=1, 4, 16, 64 \\ 1.4, C_s \text{ 其他流向} \end{cases}$$

式中， L_s ——地形因子；

F_a 和 C_s ——汇水累积阈值和栅格大小；

S 和 P_s ——坡度（°）和百分数坡度（%）；

n ——坡长指数。

植被覆盖因子 C 和水土保持控制措施因子 P ： C 值定义为特定植被覆盖与管理状态下土壤侵蚀量与实施清耕的连续休闲地土壤侵蚀量的比值，反映植被或作物以及管理措施对土壤流失的影响，介于 0 ~ 1^[15, 17]。本研究通过查阅文献资料获得不同生态系统类型的 C 值^[18-19]。

P 值是采用专门措施后土壤流失量与顺坡种植时的土壤流失量的比值，反映植被的管理措施差异引起的土壤流失量差别，其范围在 0 ~ 1 之间^[15]。本研究借鉴前人研究成果及相近区域研究情况进行取值^[20-21]。

把以上 5 个因子的计算结果统一转换为 100 m 的栅格，然后运用 ArcGIS 的空间分析功能，按照 RUSLE 方程进行运算，得到研究区土壤侵蚀分布图。

2.3 侵蚀景观分级

依据水利部颁发的《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）将土壤侵蚀分布图分类分级，获得土壤侵蚀分级图。

2.4 景观格局分析

利用 DEM 将宁德地区划分为 14 个高程带，根据高程分级提取土壤侵蚀分带数据，进行垂直景观格局分析。

根据土壤侵蚀过程中景观格局的变化特征，结

合相关学者研究成果^[9-14, 22]，筛选出 5 个常用景观指标：面积（ C_a ）、斑块密度（ P_d ）、分维度指数（ P_{frac} ）、结合度指数（ $C_{ohesion}$ ）和多样性指数（ S_{hdi} ）进行分析，景观格局指数分析在 Fragstats 3.3 软件中进行。所有指数的计算公式、取值范围见参考文献^[23-24]和 Fragstats 软件说明。

为对不同高程带上土壤侵蚀情况进行比较分析，采用土壤侵蚀综合指数^[25-26]（Soil Erosion Index，简称为 S_{ei} ）予以表示， S_{ei} 值越大，表示侵蚀越剧烈。

$$S_{ei} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} A_{ij}$$

式中， W_{ij} ——为第 i 类第 j 级的土壤侵蚀强度的分级值；

A_{ij} ——第 i 类第 j 级的土壤侵蚀强度的面积比例。

土壤侵蚀的分级值划分如下：微度、轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈等级的分级值分别为 0、2、4、6、8、10。分级值越大表示对土壤侵蚀的综合指数贡献越大。

3 结果与分析

3.1 土壤侵蚀强度

结果显示，宁德市年土壤侵蚀总量为 2.82×10^7 t，平均侵蚀模数为 $22.12 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，属于轻度侵蚀。从侵蚀分级结果可以看出，微度侵蚀的面积占全市总面积的 59.52%，但其侵蚀量仅占总侵蚀量的 10.74%，可见，宁德一半以上地区的土壤侵蚀程度较轻。轻度侵蚀和中度侵蚀的面积分别占总面积的 15.29% 和 9.45%，土壤侵蚀量分别占总量的 10.66% 和 15.37%。但是面积仅占 14.67% 的强度侵蚀和极强度侵蚀区域的侵蚀量却占侵蚀总量的 54.54%，说明宁德市水土流失量空间分异显著，局部区域水土流失较为严重。同时剧烈侵蚀面积占总面积的 1.07%，其侵蚀量占总侵蚀量的 8.7%（见表 1）。综上所述，该地区中度侵蚀及以下的地区面积仅占总面积的四分之一，却占侵蚀量的 78.61%，这些区域应是水土流失防护和治理的重点区域。

表 1 不同侵蚀强度的侵蚀面积及侵蚀量

侵蚀强度	（侵蚀量/t）× 10 ⁶	侵蚀量比例（%）	（侵蚀面积/hm ² ）× 10 ⁴	侵蚀面积比例（%）
微度	3.03	10.74	75.9	59.52
轻度	3.01	10.66	19.5	15.29
中度	4.34	15.37	12.1	9.45
重度	6.45	22.84	10.2	7.97
极重度	8.94	31.70	8.55	6.70
剧烈	2.46	8.70	1.37	1.07