

太湖缓冲带现状 与生态构建

许秋瑾 胡小贞 蒋丽佳 主编



科学出版社

太湖缓冲带现状与生态构建

许秋瑾 胡小贞 蒋丽佳 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

湖泊缓冲带是近年来为保护湖泊生态环境提出的新概念,作为湖滨带外围保护区域的缓冲带设置,在国内尚未有系统科学的报道。本书科学阐述了湖泊缓冲带的概念,以我国大型浅水湖泊——太湖为例,科学界定了太湖缓冲带的范围,全面介绍了太湖缓冲带的现状与问题,详细论述了太湖缓冲带生态构建的总体思路、模式、技术体系,同时针对太湖缓冲带分区分类特征,提出了太湖缓冲带总体构建方案和具体分区构建方案,最后阐述了太湖缓冲带生态构建的综合效益评价以及环境管理与监测方案,为我国水网平原地区大型浅水湖泊缓冲带的生态构建提供借鉴与科技支撑。

本书可供从事水环境保护、环境工程、湖泊污染控制与生态修复等方面相关专业的科研人员、工程技术人员、管理人员以及环境科学和环境工程等相关专业的大专院校师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

太湖缓冲带现状与生态构建/许秋瑾,胡小贞,蒋丽佳主编. —北京:科学出版社,2015. 6

ISBN 978-7-03-044513-1

I. ①太… II. ①许… ②胡… ③蒋… III. ①太湖-缓冲带-水环境-生态环境建设-研究 IV. ①X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 120610 号

责任编辑:杨 震 刘 冉 / 责任校对:赵桂芬

责任印制:赵 博 / 封面设计:铭轩堂

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张:15

字数:300 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编 委 会

主 编：许秋瑾 胡小贞 蒋丽佳

编 委 （按姓氏汉语拼音排序）：

白献宇	卜卫志	陈海英	成小英	储昭升
董思远	杜劲冬	高 光	海 啸	胡小贞
黄天寅	蒋丽佳	金相灿	苗 青	庞 燕
徐盈之	许秋瑾	许盛凯	钟春妮	朱毅伟

前 言

湖泊缓冲带是大幅度降低进入湖泊的外源污染负荷的关键区域,是污染物进入湖滨带前的保护屏障,也是生物多样性丰富的区块和生物的重要栖息场所。太湖缓冲带是太湖流域水污染和生态安全重点控制区域之一,充分发挥太湖缓冲带的应有功能,是确保太湖水环境质量的有效环节。然而,伴随着社会经济的发展和防洪需要,近三十年来,太湖缓冲带内的各要素组成发生了巨大变化,成为太湖流域生态系统退化最为严重的区域之一。由于对太湖缓冲带的变迁与现状尚缺乏深刻的调查和了解,给制定该区域的生态修复和建设方案造成困难。针对这一需求,本书在明确太湖缓冲带应具备的功能需求前提下,对太湖缓冲带的最佳宽度进行了界定,并对太湖缓冲带现状与存在的主要问题进行分析,在此基础上,根据现有地形、地貌、水文、植被等自然条件及社会经济发展现状与趋势,对各区域的缓冲带进行明确界定与分类,而后依据所在区域的社会和经济环境条件许可,综合集成现有研究成果、物化技术与相关措施,制定根据缓冲带类型和区域社会经济环境特征、旨在保护太湖水环境和缓冲带功能需求的缓冲带生态建设方案,为我国水网平原地区大型浅水湖泊缓冲带生态建设提供借鉴与科技支撑。

本书共八章:第1章阐述湖泊缓冲带基本概念及其研究进展;第2章对太湖缓冲带的最佳宽度进行研究,较为科学地界定了太湖缓冲带的范围;第3章对太湖缓冲带进行分类分区,基于相关资料与现场调研分析,阐明太湖缓冲带的现状并分析存在的主要环境问题;第4章阐述对太湖缓冲带内入湖河流河口及典型缓冲带的水质调查内容;第5章提出太湖缓冲带生态构建的总体思路、模式、技术体系及具体方案;第6章分区段提出太湖缓冲带相应生态构建工程的具体方案;第7章介绍太湖缓冲带生态构建综合效益评价;第8章介绍太湖缓冲带环境管理与监测方案。

本书由许秋瑾、胡小贞、蒋丽佳统筹、策划和负责。参与本书的主要编写人员有:许秋瑾、胡小贞、蒋丽佳、海啸、陈海英、徐盈之、高光、成小英、朱毅伟、许盛凯、钟春妮等。本书所采用的数据和研究成果来自“十一五”国家水体污染控制与治理科技重大专项“湖滨带生态修复与缓冲带建设技术及工程示范”(2009ZX07101-009)课题中子课题“太湖缓冲带生态建设方案”。参与“太湖缓冲带生态建设方案”相关研究工作的主要人员有中国环境科学研究院许秋瑾、胡小贞、蒋丽佳、董思远、苗青等,江南大学成小英、卜卫志等,中国科学院南京地理与湖泊研究所高光等,中交上海航道勘察设计研究院陈海英等,无锡市城市发展集团朱毅伟、许盛凯、钟春妮等。本书在全体研究成果的基础上补充和完善后定稿。此外也参考了国内外同

行学者的研究成果和文献,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者的专业水平有限以及时间的限制,对诸多问题的认识还不够深刻和完全,难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014年12月

目 录

前言

第 1 章 湖泊缓冲带基本概念及其研究进展	1
1.1 湖泊缓冲带定义	1
1.2 湖泊缓冲带与湖滨带关系	2
1.3 湖泊缓冲带在清水产流机制系统中的作用	3
1.4 湖泊缓冲带功能及主要影响因素	4
1.5 湖泊缓冲带国内外研究进展	9
参考文献	12
第 2 章 太湖缓冲带的范围界定	16
2.1 太湖流域概况	16
2.2 太湖缓冲带宽度研究	18
2.3 太湖缓冲带范围界定	43
参考文献	49
第 3 章 太湖缓冲带现状调查与问题分析	50
3.1 太湖缓冲带现状调查的目的、内容与方法	50
3.2 太湖缓冲带行政区划与人口调查	52
3.3 太湖缓冲带分类及其分布	52
3.4 太湖缓冲带现状分区调查与分析	58
3.5 太湖缓冲带土地利用变化分析讨论	100
3.6 太湖缓冲带现状问题分析	103
参考文献	106
第 4 章 太湖缓冲带内入湖河流河口及典型缓冲带水质调查	107
4.1 缓冲带内主要入湖河流河口水质调查	107
4.2 典型缓冲带入湖河流水质沿程调查	114
第 5 章 太湖缓冲带生态构建思路与总体方案	141
5.1 总体思路	141
5.2 太湖缓冲带生态构建模式筛选	146
5.3 太湖缓冲带生态构建适用技术	147
5.4 太湖缓冲带总体构建方案	166
参考文献	179

第 6 章 太湖缓冲带分区生态构建方案	181
6.1 无锡滨湖区段缓冲带构建方案	181
6.2 苏州高新区段缓冲带构建工程	184
6.3 苏州吴中区段缓冲带构建工程	187
6.4 苏州吴江市段缓冲带构建工程	189
6.5 湖州吴兴区段缓冲带构建工程	191
6.6 湖州长兴县段缓冲带构建工程	193
6.7 无锡宜兴市段缓冲带构建工程	195
6.8 常州武进区段缓冲带构建工程	197
第 7 章 太湖缓冲带生态构建综合效益评价	201
7.1 生态构建综合效益评价的研究	201
7.2 缓冲带生态构建各项工程概况	203
7.3 缓冲带生态构建综合效益评价指标体系构建	207
7.4 缓冲带生态构建综合效益评价指标体系分析	210
7.5 基于人工神经网络技术的缓冲带生态建设综合效益评价	216
参考文献	221
第 8 章 太湖缓冲带环境管理与监测	222
8.1 太湖缓冲带环境管理原则	222
8.2 太湖缓冲带环境管理内容	223
8.3 不同土地类型的缓冲带管理方案	226
8.4 太湖缓冲带的环境监测	228
参考文献	231

第 1 章 湖泊缓冲带基本概念及其研究进展

近三十多年来,随着湖泊流域人口增长和工农业生产的发展,湖泊受到越来越强的人为活动干扰,其生态系统受损甚至失衡。湖泊流域人口往往滨水而居,使湖滨缓冲带生态系统基本被破坏,沿湖污染物直接入湖,对湖泊水体造成污染。近年来随着对湖泊污染源认识的逐步加深,构建湖泊缓冲带截留入湖污染物,保护湖泊水环境在我国湖泊保护与治理工作中越来越受到重视。但如何科学定义湖泊缓冲带,如何进行生态恢复等相关理论的国内研究相对缺乏,本章针对湖泊缓冲带的基本概念及其研究进展开展较为系统完善的阐述。

1.1 湖泊缓冲带定义

缓冲带的概念在生态环境领域的应用由来已久,并随着人们对缓冲带认识的不深入而逐渐完善。20 世纪 80 年代之前,缓冲带主要用于保护人类或农田免受动物侵扰的保护性隔离区域;之后,缓冲带作为一种修复或补救的措施,用于减少人类活动对受保护区域的负面影响;进入 21 世纪,人们认为缓冲带既要最小化人类活动对受保护区域的影响,又要考虑受影响人群的社会经济发展的需求;现阶段缓冲带的概念在全球范围内得到广泛应用,更加关注保护区域内的生物以及生态系统的价值^[1-4]。

在湖泊尤其是大型湖泊富营养化控制实践中,人们越来越清楚地认识到在湖泊流域污染源控制的基础上,开展生态修复的重要性。为了更好地保护湖泊生态系统,人们也认识到在湖滨区划定一定范围的缓冲空间,设置湖泊缓冲带,对缓冲空间内的人类活动进行更为严格的规划与管理是十分必要的。20 世纪 60 年代后期,针对河湖水体区域内的缓冲带概念首先在美国提出并得以应用,认为缓冲带是将近岸区域的人类活动和水体环境有效隔绝的缓冲区域^[5]。之后的几十年里,欧美等在缓冲带植被类型及其净化效益、河湖水体缓冲带宽度确定、缓冲带管理与功能等方面开展了大量的研究^[6-10],为缓冲带合理规划与科学布局提供了良好的数据支撑。我国于近年来强化提出了湖泊缓冲带的概念,并在缓冲带设置与功能、构建技术等方面开展了初步的研究^[11-21]。湖泊缓冲带在湖泊保护领域得到日益广泛的重视,国内外许多成功的湖泊保护案例中都涉及对湖泊缓冲带的设置^[2,22-26]。

从湖泊水环境保护和生态修复角度来讲,湖泊缓冲带是湖泊一定水位线之上的沿湖部分陆域地区,通过该区域的设置,将湖泊沿岸区域的人类活动和水体进行

有效的阻隔,以保护湖泊水体免受污染^[27]。根据全国科学技术名词审定委员会的定义,缓冲带(buffer zone)是隔离生境,使受保护目标免受破坏、干扰和污染的自然或人造的空间^[28]。相应地,湖泊缓冲带就是保护湖泊的隔离生境,是缓解或减轻湖泊水生态系统受到流域内各种人类活动的破坏、干扰和污染的空间^[29]。

湖泊缓冲带很容易与湖滨带(littoral zone)、河岸带(riparian zone,也有译为水边带)等概念产生混淆。湖滨带与河岸带都属于生态交错带(ecotone)的一种,生态交错带是指两个相邻生态系统的过渡区,它具有一些独特的环境特征,包括环境因子、主导过程和生物种类组成的明显梯度变化。湖滨带是陆地和湖泊水体之间的过渡带,是湖泊流域中对人类活动和自然过程影响最敏感的部分^[30-33]。根据联合国教科文组织的人与生物圈计划委员会对于生态交错带的定义^[17],湖滨带可以定义为湖泊流域中陆地生态系统与湖泊水域生态系统之间的生态过渡带,是在湖泊水动力和周期性水位变化等环境因子的作用下,形成的以水文过程为纽带、以湿地生物为特征的水陆生态交错带。湖滨带空间范围主要取决于周期性的水位变化、风浪作用的强度和持续时间所致的湖滨干-湿交替变化的影响程度^[34]。河岸带是指在河流水体与临近陆域系统之间的过渡区域^[35],河岸带也被用来泛指一切邻近河流、池塘、湿地以及其他特殊水体并且有显著资源价值的地带^[36]。在空间上河岸带是指高低水位之间的河床及高水位之上直至河水影响完全消失为止的地带^[37],由于河岸带是水陆相互作用的地区,故其界线需根据土壤、植被和其他关于水陆相互作用的因素变化来确定^[38]。由此可见,湖泊缓冲带与湖滨带、河岸带最大的区别在于后二者属于生态交错带的范畴,具有生态交错带的明显特征;而湖泊缓冲带是一种隔离生境,是为了更好地保护湖泊水体,主要从湖泊管理角度划定的、缓冲或减轻湖泊流域内各种人类活动对湖泊干扰的空间。

1.2 湖泊缓冲带与湖滨带关系

湖滨带是湖泊的水陆生态交错带,指湖泊最低水位线到最高水位线之间水位变幅带,是湖泊保护的最后一道屏障,是健康湖泊生态系统的重要组成部分;缓冲带是湖滨带以外(水体最高水位线以上)的陆向辐射带,是湖滨带的重要保护圈。湖滨带与缓冲带共同构成了湖泊水生生态系统与陆生生态系统的生态过渡带。

湖滨带有丰富的水生及湿生植物区系和动物区系,其功能主要表现为湖滨水陆生态交错带内生物或非生物因素的相互作用、对交错带内能量流动和物质循环的调节、保持生物多样、提供鱼类繁殖和鸟类栖息的场所、调蓄洪水等作用;缓冲带的功能主要体现在生态功能、景观功能和经济功能,健康的缓冲带具有截污和过滤、改善水质、控制沉积和侵蚀的功能,能有效削减进入湖滨带的污染物,有效保护湖滨带的生态健康,同时又具备景观与经济植物生长的功能。湖滨带所处位置较

缓冲带而言更靠近湖泊;湖滨带范围内生长的植物对水资源的要求更高,多为水生及湿生植物;就湖泊保护角度而言,缓冲带内可以有适度的人类生产与生活活动,能够带来一定的经济效益,但是湖滨带内的人类活动势必直接破坏湖泊的生态环境,因此湖滨带原则上不允许有人为活动。

湖泊缓冲带是湖滨带的重要保护圈,湖滨带又是湖泊的天然保护屏障,湖泊缓冲带、湖滨带及湖泊水体之间是唇齿相依的关系,没有缓冲带健康的生态系统对污染物的削减,湖滨带的生态系统将极易受到破坏,难以发挥其对湖泊的保护屏障作用。湖泊缓冲带与湖滨带间关系见图 1-1。

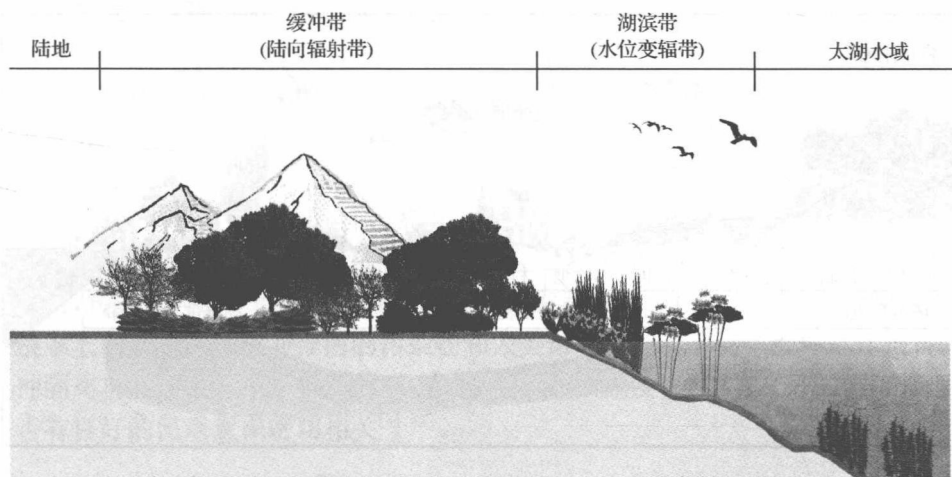


图 1-1 缓冲带与湖滨带关系示意图

1.3 湖泊缓冲带在清水产流机制系统中的作用

湖泊缓冲带是湖泊生态系统的重要组成部分,是湖滨带外围的保护圈,是污染物进入湖滨带前的缓冲区域,也是地表径流入湖前的重要屏障。从湖泊流域保护层面来讲,湖泊缓冲带是湖泊流域清水产流机制的有机组成部分,是构成清水产流机制的三个关键环节之一,它和湖滨带一起发挥清水入湖前的屏障功能。

“湖泊流域清水产流机制”即根据不同湖泊流域的自然与社会经济现状特点,在调整流域经济结构、构建绿色流域的基础上,通过流域水源涵养与水土流失的控制保证源头清水产流,通过河流小流域的污染控制与生态修复实现河流汇流的清水养护与清水输送通道,通过缓冲带构建与湖滨带生态修复最终使“清水”入湖。流域清水产流机制是湖泊流域清水量平衡和污染物消减相互作用的复杂体系,维持流域清水量平衡和污染物消减对保障湖泊良好的生态系统与健康运作至关重要。

要。清水产流区产生的清水经过河流通道和湖滨区,最后进入到湖泊中,维持足够的清水量入湖是保证湖泊良好健康的重要前提^[39]。

山地水源涵养区、入湖河流区、缓冲带与湖滨带分别作为清水产流区、污染物净化与清水养护区(径流通道),是构成清水产流机制的三个关键环节(图 1-2)。其中清水产流区是清水产生的源头,为流域提供充足的清水量;污染物净化与清水养护区是流域污染物净化的重点区域和重要的清水输送通道,山前平原的多塘、湿地等可拦截净化低污染水,保证清水入湖;湖滨带与缓冲带可净化地表漫流的低污染水,是保障清水入湖的重要生态屏障。

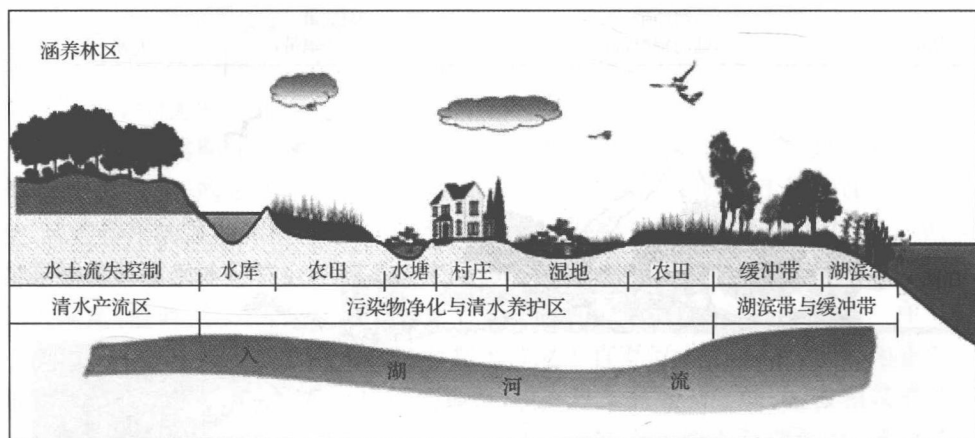


图 1-2 缓冲带在湖泊流域清水产流机制系统中的作用^[40]

可见,湖泊缓冲带是缓冲与过渡区域,是缓冲流域内人类活动对湖泊水体的影响和确保清水入湖的保障,其在湖泊流域空间布局中具有特殊重要的地位,对实现流域清水的产流、汇流输送与入湖,保障流域生态健康和湖泊水环境质量具有十分重要的意义。

1.4 湖泊缓冲带功能及主要影响因素

1.4.1 湖泊缓冲带功能

从流域层面和湖泊保护的角度来看,湖泊缓冲带是通过环境准入和生态建设,加强环境管理,限制缓冲带内的人类活动,缓解人类活动对湖泊影响的强度和程度,从而为湖泊提供一个自然湖滨带以外人为设置的保护层。湖泊缓冲带具有以下三类功能:①缓冲隔离功能。缓冲隔离流域内人类活动的影响、加强对湖泊的保护是湖泊缓冲带的基本功能。②生态环境改善功能。通过自然恢复、生态建设和

人工强化辅助措施,控制区域内污染物的产生,减少污染物的排放负荷,增加生物多样性,形成稳定健康的生态系统。③实施特殊的环境经济政策与生态补偿功能。设立缓冲带,为实施特殊的环境经济政策与生态补偿措施提供可能性。

1. 缓冲隔离功能

湖泊缓冲带的主要功能之一是将流域内人类的高强度开发利用活动与湖泊水体相隔离,降低湖泊缓冲带内人类活动的强度、缓冲人类活动对湖泊水体的不利影响,有效保护湖泊水体免受污染。健康的湖泊缓冲带是截留陆域面源污染物、改善入湖水质的重要区域。湖泊缓冲带内的河流、支浜、湿地生态系统对农田地表径流中携带的营养物质、颗粒物和农药等污染物均具有较高的截留、吸附、吸收、净化作用。缓冲隔离功能的实现是在研究目标湖泊环境承载力的基础上,设定一个适当宽度的湖泊缓冲带,湖泊缓冲带内实施严格的环境准入条件,调整缓冲带内的产业结构和土地利用方式,并规范人类活动的类型和土地利用的强度,可有效缓解工业生产、种植和养殖业、交通运输、城镇生活等人类活动对湖泊造成的负面影响。这样通过差异化的流域分区环境管理手段,改变过去单纯的污染控制和环境治理的思路,转向对人这一微观主体在自然资源开发和空间利用过程中的约束和激励,从根本上可减少湖泊缓冲带内的污染物和人类活动对湖泊水体产生的直接损害。缓冲隔离功能的强弱与是否形成明确的法规、章程、制度,是否有良好的监督管理,是否有良好的民众意识密切相关^[41,42]。

2. 生态环境改善功能

健康完善的缓冲带应该具备以下特点:物种丰富,生态结构稳定,生物多样性好,且无明显的人为开发建设的痕迹。结构完善、布局合理、功能健全的湖泊缓冲带不但能拦截净化上游及本地区地表径流、达标废水排放、地下径流所带来的污染物进入湖滨带,而且能有效地缓解人为干扰对湖滨带的压力,使其更好地发挥生态功能。湖泊缓冲带生态环境改善功能具体表现在:

(1) 拦截净化低污染水功能。缓冲带内生长着大量的植被,尤其是灌草类,其低矮、密实的特性可以有效截留通过缓冲带的各类污染物,如有机质、氮、磷、重金属和各种离子。植物根系能有效吸附和转化通过缓冲带的营养物质,减少入湖营养负荷。因此缓冲带是控制面源污染尤其是低污染水的一道重要防线。

(2) 调节地表径流功能。缓冲带平缓的地势、丰富的植被,可以降低地表径流的速度,增强面源补水的下渗,明显削减入湖来水洪峰,保持入湖水量的相对稳定。总的说来,缓冲带植被在拦水蓄水、调节径流、补给地下水和维持区域水平衡方面发挥着重要的作用。

(3) 保护物种多样性。缓冲带临近湖滨带,植被类型多样,可以说是重要的物

种基因库之一。这一区域内的植物丰富多样,主要体现在物种多样性、遗传多样性以及生态系统多样性三个层次。缓冲带是各种动物及鸟类的栖息地和避难所,这里食物较为丰富、环境相对多样,可满足多种物种生存。动物及鸟类可以在这个人为活动较少的空间中觅食,搭建巢穴,繁衍生息。

(4) 水土保持功能。缓冲带对稳定湖滨岸坡、减少土壤侵蚀有明显作用。其内植物的根系可以固持土壤,植株可以削减波浪、暴雨径流等的冲刷。同时由于缓冲带具有降低地表径流流速的作用,从而可以减少水流对岸坡的冲刷,减少水土流失、固岸护坡。

通过合理规划湖泊缓冲带的生态建设,修复河流、支浜、湿地生态系统,截留净化缓冲带内面源污染物,建立或恢复植被走廊,恢复廊道连接和生物栖息地,巩固缓冲带的生态安全屏障,提升生态服务功能,保护生物多样性,有效削减或缓冲人类活动的影响或潜在的对湖泊环境质量的威胁,保证湖泊缓冲带生态系统的良性和健康发展,稳定湖泊环境质量,提高和恢复生物多样性^[43-45]。

3. 实施特殊的环境经济政策与生态补偿功能

湖泊缓冲带的设置为在该区域实施特殊的环境经济政策和生态补偿机制提供了可能性。生态补偿机制是以保护生态环境、促进人与自然和谐为目的,根据生态系统服务价值、生态保护成本、发展机会成本,综合运用行政和市场手段,调整生态环境保护和建设相关各方之间利益关系的环境经济政策。国外类似缓冲带的设置表明,缓冲带内的特殊环境经济政策与生态补偿措施,既可以激发缓冲带土地所有者或者居住者的兴趣及配合程度,也对缓冲带其他功能的正常发挥起到良好的促进作用^[46-50]。湖泊缓冲带可提供独特而秀丽的景观资源,可适度开发旅游观光活动;缓冲带内生长着较多有经济价值的动植物种类,在其承受能力内,可以为人们提供木材、水果、药材等植物产品,产生一定的经济效益;开阔的空间资源、优美的湖光山色也具有很高的运动和观赏价值,可以为人们提供徒步旅游观光或野营户外活动的场所;好的湖泊缓冲带生态环境和管理还有积极的社会教育示范功能,用事实向公众、土地管理者及立法者证明缓冲带的重要作用^[51-53],这些湖泊缓冲带的特有资源可以在政府良性政策引导下,构建特殊优惠的经济环境,对该区域内的居民进行一定程度的生态补偿。

1.4.2 影响湖泊缓冲带功能的主要因素

无论是缓冲带的污染截留、侵蚀控制、生物多样性恢复等生态功能,还是其景观功能,地貌、土壤、水文和植被都是影响其功能的重要因素,同时这些因素也影响着缓冲带有效宽度的界定。

1. 地貌

一般而言,坡度越陡,为达到去除污染物同样的目的,需要的缓冲带宽度就越宽。据研究,在坡度小于5%的情况下,缓冲带去除污染物的能力显著提高^[54]。而在水质净化方面,坡度的陡缓直接影响了坡面水文的形成过程,进而影响了其污染物的迁移。研究发现坡度为3%的20 m的缓冲区可滞留暴雨径流中8%~100%的除草剂^[55]。坡度与缓冲带径流悬浮固体颗粒物(SS)截留效果显著相关,19 m长的2%坡度缓冲带末端的SS截留率达到84%^[56]。

2. 土壤

地下水或地表水中污染物与营养盐成分的去除,取决于土壤的类型、厚度和地下水水位等因素。质地中等或较粗的土壤,具有较好的排水特征,有利于泥沙沉降和吸附态污染物的截留,而细粒结构的土壤有利于反硝化作用的发生。此外土壤在湿润条件下,要达到同样去除污染物的效果,往往需要缓冲带的宽度较大。

地下水位深度、土壤渗透性、土壤结构、土壤化学和有机物质是影响地下水与地表水水质的重要因子^[56],这些参数影响水流流经岸边带的方式和速率、地下水与植物根系和土壤颗粒的相互作用范围以及影响土壤环境的厌氧程度。富含有机土壤的林地缓冲带有很强的改善水质能力,不仅可以使大量的地表径流渗入地下,吸收氮元素等污染物,而且可提供微生物生存所需的有机碳来改善水质。

缓冲带的净化水质功能与土壤中微生物活动有着非常直接的关系^[57],土壤微生物通过众多方式影响水体水质。和植物一样,微生物获取营养物并将其转化成生物难以利用的形式储存在土壤中,土壤微生物通过代谢反应将有机化学物质作为能量资源并加以利用,与此同时将化学物质转化成毒性很低的衍生物或无机物质,减少土壤中污染物的含量,从而减少进入湖泊水体中的污染物。

3. 水文

在特定情况下影响水质的最主要因素是水文条件^[58,59]。缓冲带的水文条件受当地地质、地形条件、土壤和周围集水区的特性所影响。对地下径流而言,当地下径流从高处以浅层地下水流经缓冲带进入湖泊时,缓冲带内植被对水质影响非常大。当地下水的埋深较大,地下水流经过缓冲带的水量减少,缓冲带的减污作用将降低。同样,当地表径流集中通过渠道流过缓冲带时,缓冲带对地表水的保护能力受到限制。然而,在坡度很小、地表水流速较慢,而且均匀分布在汇水区范围内,缓冲带可以高效地减缓暴雨的侵蚀力并沉降泥沙、减少进入河流的农作物残渣和其他微粒物质。

4. 植被

在天然条件下,缓冲带内的植被是湖泊与河流生态长期演化的结果。据美国农业部(USDA)林务局 1991 年调查,缓冲带植被的过滤功能可以显著减少磷的含量,因为 85%的磷是随着包含在沉积物中的细小土壤颗粒迁移的^[60]。在人为影响的情况下,缓冲带内的植被往往与人类活动及其为人类服务的目的息息相关。在城区或居住区,植被种植不仅要考虑削减污染物、提供生物栖息地,而且还要考虑为周围的经济、景观服务的功能。因此,缓冲带内种植植物时,因地制宜,以乔木、灌木及草坪相结合的方式,这样既满足了环境生态保护的需要,也满足了为人类提供舒适休闲地的需要。

美国农业部对不同植被类型缓冲带的生态相对有效性开展评估,但由于设计和现场条件的不同,对于不同植被类型缓冲带生态作用的大小难以进行精确比较(表 1-1)。研究表明,草地和林木缓冲带都能降低地表径流中的营养物和泥沙含量,降低地下径流中的硝酸盐含量。林木缓冲带的反硝化作用速率比较高,主要原因可能是有机碳的高效利用以及较好的土壤、水文条件^[60]。在泥沙去除方面,草地缓冲带由于植被根系密度大,可以降低流速和提供更大的面积来沉淀泥沙。林木缓冲带的优势是树木的碎片和树干有更大的阻力,尤其在洪水期间不像草地容易被淹没^[57]。

表 1-1 美国农业部评估不同植被类型缓冲带的生态相对有效性^[61]

用途	草地	灌木	乔木
固岸	低、中等	中等、高	高
泥沙截留	高	低、中等	高
营养盐、农药去除	—	—	—
吸附态	高	低、中等	高
溶解态	中等	低	中等
水生生境	低	中等	高
野生生物生境	—	—	—
草地生物	高	中等	低
森林生物	低	中等	高
经济价值	中等	低、中等	高
景观多样性	低	低、中等	高
防洪	低	中等	高

缓冲带通过水-土壤(沉积物)-植物系统的沉积、过滤、化学吸附和微生物作用防止或转移由坡地地表及地下径流、废水排放和深层地下水流所带来的沉积物、有

机质、农药及其他污染物进入水体,从而达到降低环境污染、净化水质的目的。

1.5 湖泊缓冲带国内外研究进展

湖泊缓冲带功能的发挥与其宽度有着极为密切的关系,宽度适宜与否直接影响其有效性的发挥。国内外许多学者从环境科学的角度出发,通过室内室外试验、模型构建等方法开展河湖滨岸缓冲带适宜宽度的研究工作,总体上取得了一定的成果。

1.5.1 国外研究进展

国外众多学者针对具体区域对不同宽度的河湖滨岸缓冲带截留 N、P 的效果进行大量的野外试验研究^[62-65]。这些试验研究通过缓冲带宽度变化引起的不同净污效果的对比,探求河湖滨岸缓冲带的最佳宽度。但由于这些试验研究所选择的滨岸缓冲带的区域地理位置、土壤特性、植物种类、坡度以及河岸带过程与生境的侧向影响范围等因素的不同,因此所得出的缓冲带最佳宽度彼此之间可比性不强。例如 Lowrance 等推荐的河湖滨岸缓冲带的宽度在 5~50 m,有着很大的变化幅度,其研究结果只能对类似河湖滨岸缓冲带适宜宽度的确定提供借鉴作用^[10]。

很多学者从室内室外试验研究入手,通过对比分析以及数值模拟等多种分析方法对缓冲带适宜宽度进行理论研究。例如有学者对比分析了试验缓冲带与拟研究缓冲带截留径流污染物的能力,结合人工粗糙度系数、土地坡度、土壤储水能力、饱和水电导率等因素,确定了缓冲带变化的评价模型,并且利用地理信息系统计算了河湖滨岸缓冲带的范围^[66]。还有学者在分析巴西西南部河岸带森林有效性的基础上,通过对水质变化、土壤侵蚀模数等的模拟分析,确定了研究区域适宜的河湖滨岸缓冲带森林宽度^[67]。

在模型构建上,Phillips 开发出用来评价缓冲带效果的水力模型和滞留模型^[68,69]。Nieswand 等在 Manning 方程的基础上开发了简单的模型,该模型认为坡度和宽度是影响缓冲带拦蓄沉积物和净化污染物的主要因素,宽度随坡度指数变化^[70]。Mander 考虑缓冲区水文和地貌特征开发了缓冲带宽度模型^[71]。但上述这些模型都忽略了影响缓冲带功能的重要变量或未得到实践检验。Lowrance 的缓冲带生态系统管理模型(REMM)是目前最详细和真实的模型^[72],该模型是模拟缓冲带内水、沉积物和养分日过程的计算机模型,能够确定缓冲区在不同宽度、植被、土壤和坡度条件下对水质的影响,已经在多处得到检验。但是需要的数据量大,难以短时间内为政策制定提供决策服务。

此外,缓冲带的最佳宽度应该可通过详细的科学调查来获取,Budd 及其同事