

太湖湖滨带现状 与生态修复

叶 春 李春华 等 著



科学出版社

湖泊生态环境与治理 19

太湖湖滨带现状与生态修复

叶 春 李春华 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了湖滨带的概念、结构、功能及其生态退化与人类活动的关系;并以太湖湖滨带为研究对象,详细调查与分析了太湖湖滨带的生态现状,阐述了水动力对太湖湖滨带的影响。在太湖湖滨带类型划分与生态退化关键驱动因子识别的基础上,按照“生境改善—生物恢复—系统调控”的思路,有针对性地提出了太湖湖滨带生态修复总体方案,形成了不同类型湖滨带生态修复的工程模式,详细讨论了生境修复、生物恢复与生态系统调控的技术措施与方案。希望能够为我国类似湖泊湖滨带的研究、修复、管理提供借鉴。

本书适合于从事环境科学、湖沼学、生态修复、环境规划等相关专业的研究人员、工程技术人员、流域环境管理者 and 大专院校师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

湖泊生态环境与治理/中国环境科学研究院等编著. —北京:科学出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-03-046714-0

I. ①湖… II. ①中… III. ①湖泊-生态环境-环境管理-研究 IV. ①X524

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 302493 号

责任编辑:杨 震 刘 冉 / 责任校对:张怡君

责任印制:徐晓晨 / 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>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 4 月第三次印刷 印张: 14 1/4 插页: 4

字数: 273 000

定价: 3200.00 元(全 24 册)

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

湖滨带是陆地和湖泊水体之间的过渡带,是湖泊生态系统中对人类活动和自然过程影响最敏感的部分。健康的湖滨带对维持湖泊生态系统健康和改善水环境质量有着举足轻重的作用。自 20 世纪 90 年代初期,因为防洪等需要,我国在许多湖泊的湖滨带内修筑了防洪大堤,大堤的兴建在减少水患上发挥了重要作用,但对湖滨湿地生态系统的破坏也是不可低估的。太湖岸线长约 405 km,约 73.6% 的湖滨带内修筑了环湖大堤,环湖大堤一方面直接侵占了湖滨湿地,阻断水陆生态系统间原有的通道,改变了水流的入湖方式,将坡面漫流转变为径流通过河道入湖;另一方面加剧了风浪对近岸基底的侵蚀,加速了水生植物的大面积消亡,导致湖滨带生态系统退化。湖滨带退化既表现为湖滨带生态系统结构破坏和生态功能退化,也表现为湖滨带生态服务功能下降,对流域内人们的生产、生活产生影响。

湖滨带退化的驱动力包括自然因素和人为因素。从湖泊形成之日开始,入湖河流携带的大量泥沙和生物残骸年复一年在湖内沉积,湖盆逐渐淤浅,伴随着湖泊的富营养化过程,沿岸带水生植物的发展,湖滨湿地逐渐变成沼泽,最终成为陆地,这是湖泊发生、发展和消亡的一个自然过程,无论人类是否干预都会发生。与自然因素相比,人为因素往往叠加在自然因素之上,并对湖滨带的退化起着加速和主导的作用。人为因素主要指人类的社会经济活动,人为因素对生态环境的影响是多方面的、深远的、不确定的。研究湖滨带的退化过程及其与人类活动之间的相互作用、相互影响关系,认清湖滨带自身的发展规律,识别湖滨带退化的驱动因子,有助于我们进一步保护湖滨带、修复退化的湖滨带或提出减缓退化过程的有力措施。

本书在撰写过程中,力求搜集太湖湖滨带的各种历史资料,使读者对太湖湖滨带有较完整的理解;并以通俗易懂的语言,图文并茂的形式,解释湖滨带生态修复中涉及的理论基础,提出了太湖湖滨带生态修复方案,使读者易于掌握和吸收。全书共分 12 章,对太湖湖滨带的生态现状做了详细的调查与总结,诊断与识别了太湖湖滨带生态退化的关键驱动因子,针对不同类型的湖滨带分别提出了生态修复方案。第 1 章系统地介绍了湖滨带的概念、结构、生物、功能及其生态退化与人类活动的关系;第 2 章阐述了太湖湖滨带的宽度及类型划分;第 3~6 章分别在调查成果的基础上分析了太湖湖滨带的水质、底质、水生植物、浮游及底栖生物的现状 & 历史演变趋势;第 7 章对太湖湖流、风浪、风涌水等水动力对太湖湖滨带的影响进行了总结;第 8 章分析了太湖湖滨带生态系统健康状态及其退化驱动因子;第 9~11 章从太湖湖滨带生态修复的总体方案、生境修复、生物恢复与生态系统调控

等方面全方位介绍了太湖湖滨带的生态修复方案;第12章介绍了太湖湖滨带生态观测与跟踪研究的要点。

本书由叶春和李春华主笔撰写完成,是叶春从事湖滨带研究工作近20年来主要成果的系统总结。本书总结了“九五”攻关课题“中国湖泊生态恢复工程及综合治理技术研究——湖滨带生态恢复技术(云南洱海)”(96-911-08-03-02)、“十五”国家重大科技专项“水污染控制技术与治理工程”“太湖水污染控制与水体修复技术及工程示范”课题(2002AA601013)、“十一五”“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”课题(2009ZX07101-009)等项目的研究成果。书中采用了大量的第一手资料,以“十一五”课题研究成果“太湖湖滨带生态修复方案”为基础凝练提升,是集体智慧的结晶。“太湖湖滨带生态修复方案”主要编写人员有叶春、李春华、陈小刚、刘璟、董先锋、卢少勇、王佩等。参与太湖湖滨带调查和相关研究工作的主要人员有:中国环境科学研究院陈小刚、王博、赵晓峰、孔祥龙、王佩、甘树、许梦爽、周磊、姜怡、王秋光等;中交天津港航勘察设计研究院有限公司刘璟、董先锋、黄佳音、刘东征等;常州市环境监测中心站徐东炯、陈桥、张翔等。中国环境科学研究院邓婷婷、杨文娟对全书参考文献、文稿格式进行了整理。在本书出版之际,向他们所给予的支持和帮助表示最真挚的感谢!对中国环境科学研究院的有关领导和专家多年来所给予的指导和帮助也在此一并表示衷心的感谢!

湖滨带生态修复技术尚在不断完善中,相关理论也不断推陈出新,由于作者理论水平和专业知识的限制,书中恐有疏漏和不妥之处,敬请各位专家、同仁和各界读者提出宝贵意见和建议。

著 者

2013年岁末

目 录

前言

第 1 章 湖滨带生态系统特征	1
1.1 湖滨带的概念	1
1.1.1 生态交错带	1
1.1.2 湖滨带	2
1.2 湖滨带的结构	3
1.2.1 湖滨带的空间结构	3
1.2.2 湖滨带的时间结构	6
1.3 湖滨带的生物	9
1.3.1 大型植物	9
1.3.2 浮游植物	12
1.3.3 浮游动物	13
1.3.4 底栖动物	14
1.3.5 两栖动物	14
1.3.6 鱼类	15
1.3.7 水禽	16
1.3.8 细菌	16
1.4 湖滨带的功能	17
1.4.1 污染物截留与净化功能	17
1.4.2 捕集藻类和对藻类的抑制作用	20
1.4.3 提高湖泊的生物多样性	20
1.4.4 野生生物的栖息场所	21
1.4.5 调蓄洪水的功能	22
1.4.6 控制沉积和侵蚀的功能	22
1.5 湖滨带的退化及其与人类活动的相互作用	22
1.5.1 湖滨带的退化过程	23
1.5.2 人类对湖滨带退化的影响	24
1.5.3 湖滨带退化对人类的影响	26
参考文献	28

第2章 太湖湖滨带范围及类型划分	30
2.1 太湖地理位置与湖泊形态特征	30
2.1.1 太湖的地理位置	30
2.1.2 太湖湖泊形态特征	31
2.2 太湖湖滨带范围	36
2.3 太湖湖滨带类型划分	37
2.3.1 湖滨带类型划分原则	37
2.3.2 湖滨带类型划分	38
2.3.3 湖滨带类型分布统计	42
参考文献	43
第3章 太湖湖滨带水质状况	44
3.1 主要水质指标状况	44
3.1.1 氮	46
3.1.2 磷	51
3.1.3 高锰酸盐指数	52
3.1.4 叶绿素 a	52
3.1.5 溶解氧	53
3.1.6 pH 值	53
3.1.7 透明度	54
3.1.8 悬浮物	55
3.1.9 水温	56
3.2 太湖湖滨带水质评价	56
3.2.1 湖滨带水体污染程度	56
3.2.2 湖滨带水体富营养化程度	57
3.3 湖滨带水体营养状态历史变化趋势	59
参考文献	63
第4章 太湖湖滨带底泥状况	64
4.1 主要底泥指标现状	65
4.1.1 湖滨带底泥总有机质含量	65
4.1.2 底泥总氮含量	65
4.1.3 底泥总磷含量	67
4.2 湖滨带底泥污染评价	68
4.3 湖滨带底泥历史变化趋势	72
4.3.1 湖滨带底泥总有机质含量明显升高	73
4.3.2 湖滨带底泥总氮含量呈上升趋势	75

4.3.3 东太湖湖滨带底泥总磷有所上升,其他区域变幅不大	75
参考文献	76
第5章 太湖湖滨带大型水生植物状况	77
5.1 湖滨带大型水生植物现状	77
5.1.1 湖滨带大型水生植物优势种与群落	77
5.1.2 湖滨带大型水生植物的季节性分布特点	82
5.2 湖滨带大型水生植物的历史演变	85
5.2.1 大型水生植物的分布面积缩减	85
5.2.2 大型水生植物优势种群变化显著	86
5.2.3 不同湖区大型水生植物分布不均匀	87
参考文献	88
第6章 太湖湖滨带浮游、底栖生物状况	90
6.1 湖滨带浮游、底栖生物群落结构及特点现状	90
6.1.1 浮游植物	90
6.1.2 浮游动物	90
6.1.3 底栖动物	91
6.2 湖滨带浮游、底栖生物群落结构的时空差异分布	92
6.2.1 空间差异分布	92
6.2.2 时间差异分布	103
6.3 湖滨带浮游、底栖生物群落结构的历史变化	122
参考文献	128
第7章 水动力对太湖湖滨带的影响	129
7.1 太湖水动力的基本概况	129
7.1.1 太湖湖流	129
7.1.2 太湖风浪	132
7.1.3 太湖风涌水	134
7.1.4 太湖定振波	134
7.1.5 大堤的建设对太湖水动力的影响	134
7.2 太湖水动力对湖滨带的影响	137
7.2.1 水动力对湖滨带底泥的影响	138
7.2.2 水动力对湖滨带植被的影响	140
7.2.3 水动力对湖滨带藻类分布的影响	142
参考文献	143
第8章 太湖湖滨带生态系统健康状态及驱动因子分析	145
8.1 太湖湖滨带生态系统健康评价	145

8.1.1	评价方法的选择	145
8.1.2	评价指标体系的构建及健康体系的分级	146
8.1.3	指标层参照标准确定	148
8.1.4	数据的收集和无量纲化处理	149
8.1.5	评价指标权重的确定	149
8.1.6	湖滨带生态系统综合健康指数的计算	151
8.1.7	湖滨带生态系统健康状态评价结果	152
8.2	太湖湖滨带生态系统健康状态驱动因子分析	153
8.2.1	影响因子的定性筛选	154
8.2.2	数据来源与处理	156
8.2.3	多元线性逐步回归法确定驱动因子	157
8.2.4	偏相关系数分析	159
8.2.5	太湖湖滨带驱动因子的意义	159
	参考文献	162
第9章	太湖湖滨带生态修复总体方案	163
9.1	方案设计目标	163
9.2	方案设计思想和技术路线	165
9.2.1	方案设计思想	165
9.2.2	方案设计技术路线	165
9.3	湖滨带生态修复总体方案	166
9.4	方案比选	168
第10章	太湖湖滨带生境修复	170
10.1	湖滨带生境修复的目标及原则	170
10.1.1	湖滨带修复的生境条件分析	170
10.1.2	湖滨带生境修复目标	171
10.1.3	湖滨带生境修复原则	171
10.2	湖滨带生境修复技术	172
10.2.1	湖滨带消浪技术	172
10.2.2	湖滨带基底修复技术	173
10.2.3	湖滨带藻类清除技术	174
10.3	湖滨带生境修复方案	175
10.3.1	湖滨带消浪方案	175
10.3.2	湖滨带基底修复方案	184
10.3.3	湖滨带藻类清除方案	188
	参考文献	190

第 11 章 太湖湖滨带生物恢复与生态系统调控	191
11.1 湖滨带生物恢复的目标与原则	191
11.1.1 湖滨带生物恢复的目标	191
11.1.2 湖滨带生物恢复的设计原则	191
11.2 湖滨带植物恢复方案	192
11.2.1 湖滨带植物种群选择及群落结构设计	193
11.2.2 各类型湖滨带植物恢复方案	196
11.3 湖滨带生态系统调控方案	204
11.3.1 生物量调控	204
11.3.2 食物链调控	205
11.3.3 生物多样性调控	206
11.3.4 生态系统结构调控	207
11.4 湖滨带生态恢复的景观协调性分析	207
11.4.1 湖滨带生态恢复景观建设的原则	207
11.4.2 湖滨带周边区域景区分布现状	208
11.4.3 湖滨带景观协调性分析	210
参考文献	214
第 12 章 太湖湖滨带的生态观测与跟踪研究	215
12.1 生态观测与跟踪的布点与采样频率、时间	215
12.2 生态观测与跟踪的内容及监测方法	216
12.3 生态观测与跟踪结果的整理	217

彩图

第 1 章 湖滨带生态系统特征

1.1 湖滨带的概念

生态系统是涉及多因素、多变量的复杂系统,生态系统的边际问题与生物群落多样性、系统自组织功能和物流、能流的代谢与转化等内容有关(马世骏,1990)。生态系统与外部接触的界面或者两类不同生态系统的相邻界面远较单一的生态系统复杂。湖滨带不是单一的生态系统,属于生态系统的交错带,是水陆生态交错带的一种。交错带可以起到半渗透界面的作用,控制能量、物质、信息在景观之间的流动,亦具有物种生境补缺的作用(马世骏,1990)。随着人口的增加和社会经济的发展,人类活动已在大范围地改变着自然环境,使自然生态系统原来的界面发生了很大变化。因此,在介绍湖滨带的概念之前,首先应该了解生态交错带的基本含义。

1.1.1 生态交错带

自 20 世纪以来,虽然生态学家、地理学家、野生生物管理者、土地管理者及其他学科的科学家居对从一个生态群落到另一个生态群落的空间过渡带感兴趣,但是却一直没有形成一个统一的概念框架来描述这些空间过渡带的基本结构特征和生态过程(Risser, 1990)。生态交错带(Ecotone)的概念最早由 F. E. Clements 1905 年在《生态学研究方法》一书中提出来,他把生态交错带看作两个群落连接的应力区,在这个应力区,相邻两个群落的主要物种达到了它们的分布界限,可以很容易地观察到相邻区域间的交换或竞争过程。1933 年,野生动物学家 A. Leopold 观察到在生态交错带内物种种类和个体数比邻近的系统要多,从而提出了著名的“边缘效应”思想。Eugene P. Odum 在研究群落格局的基础上,提出群落交错带的概念,并把它定义为两个或更多的不同群落之间的过渡带。Odum 认为:交错带是一个交叉地带或紧张地带,有着相当大的线型地区,但比其本身毗连的群落地区要狭窄。在交错区群落(Ecotone Community)中通常包括各个交迭群落的生物有机体,另外还有一些带有群落交错区的特征而通常又被限制在群落交错区里的生物,群落交错区里物种的数目以及一些种群密度要比相邻群落大。这些定义虽然满足了当时研究的一些需要,但主要是从相邻生物群落相互作用的角度,静态地研究交错带内的物种与相邻两个主群落之间的差异性,而不认为交错带具有自身特点,并随着时间和生态过程的变化而变化。在此之后的十几年,生态学家对生态交

错带没有给予足够的重视。这期间,淡水生态学和景观生态学在各自的领域内都取得了长足的发展(Décamps et al., 1990)。在淡水生态学方面,研究人员开始通过改善陆地环境来实现内陆水体的生态健康(Hynes, 1975; Likens, 1984; Wetzel, 1990),在景观生态学方面,研究者在评价景观的空间异质性时,开始探讨与干扰的结果有关的一些基本问题,比如异质性景观之间的相互作用和交换、异质性和生物和非生物的影响、异质性的管理等(Risser, 1985)。这两门学科的发展强烈影响着国际生态学界对生态交错带的研究。国际上对于生态交错带的研究大多数都是从景观生态学的角度,研究交错带内的生物多样性,以及水文学、地形学等各种生态环境因子对生物多样性的影响。联合国教科文组织(UNESCO)的人与生物圈计划(MAB)委员会 1988 年在巴黎就生态交错带(Ecotone)的概念举行了非正式技术会议,基于实用的考虑决定将生态交错带定义为(Holland, 1988):生态交错带(Ecotone)是相邻生态系统间的过渡地带,其特征由相邻生态系统之间相互作用的空间、时间及强度所决定。并通过决议,呼吁国际生态学界开展对于生态交错带的研究,认为它能够把生态系统界面理论以及非稳定的脆弱特征结合起来,可以作为辨识全球变化的基本指标。1990~1996 年由 MAB 发起的“内陆水/陆地交错带在景观管理和恢复中的作用”大型国际合作研究已经从交错带的基础理论转向应用开发,研究的主要方向是水陆生态交错带在水域管理中的作用。

如今越来越多的科学家认为对于交错带的研究有十分重要的理论和应用价值,交错带内聚集有丰富的植物和动物区系,对区域内的水和物质流动起着调节作用。在对生物圈的精细调节方面,交错带的潜在作用也逐渐受到重视。

1.1.2 湖滨带

湖泊是陆地表面洼地积水形成的比较宽广的水域,水体换流缓慢。从较长的地球历史角度看,湖泊只是暂时性存在的水体,是在一定的地理环境下形成和发展的,湖泊环境的特征受到湖泊流域环境和水域环境诸要素长期持续作用而不断演变。入湖河流携带的大量泥沙和生物残骸年复一年在湖内沉积,湖盆逐渐淤浅,或随着沿岸带水生植物的发展,逐渐变成沼泽,这是一个自然的过程,无论人类是否干预都会发生。但是,人类的干扰显著地加快了湖泊的这一演变过程。在这一演变过程中,陆地和湖泊水体之间的过渡带——湖滨带,是湖泊生态系统中对人类活动和自然过程影响最敏感的部分。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,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风浪作用的强度、持续时间和周期性的水位变化所致的湖滨干-湿交替变化的影响程度。

这里提到的湖滨带(littoral zone)很容易与河岸带(riparian zone,也有译为“水边带”)、湖泊缓冲带等概念产生混淆。河岸带是指在河流水体与临近陆域系统之间的过渡区域,与湖滨带一样,都属于水陆生态交错带,具有相似的生态因子的梯度变化。与湖滨带最大的区别在于水体的流动性特征不同,一个是河流,一个是湖泊。影响河岸带的水动力因素主要是坡面流、河道地表径流以及地下水径流,而影响湖滨带的水动力因素主要有潮流、风浪、风涌水、定振波等。两种水流的速度、方向、幅度都有很大差异,这些水体流动的差异就会造成对河岸带、湖滨带的稳定性、水环境质量和生物的生境条件的差别,从而使这两种生态交错带有迥然不同的生态环境特征。湖滨带与湖泊缓冲带之间的差别在于,湖泊缓冲带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或自然过程的破坏、干扰和污染的空间(叶春等,2013)。由此可见,湖泊缓冲带与湖滨带、河岸带最大的区别在于后两者是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,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和自然过程对湖泊干扰的空间,这个空间是由湖滨带向陆域扩展的一定范围的空间区域。

1.2 湖滨带的结构

湖泊与陆地的边界为湖岸线,湖岸线受风浪和水位变化的影响,不是固定的,而是动态变化的,在年际和年内呈不规则的周期性变化,变化范围受很多因素的影响。湖滨带在空间、时间结构上都形成了一种特有的结构特征。湖滨带的结构,既不同于水域生态系统,也不同于陆地生态系统,湖滨带的生态结构介于二者之间,是一种过渡结构。水-陆生态系统间由于水的作用,存在着明显的环境梯度,表现出强烈的异质性。湖滨带的结构在空间上表现出明显的圈层结构特点,生物群落也表现出与水相关的层次性,水生植物群落表现得最为明显。大多数水体的近岸边缘都是大型水生植物(或湿生植物)占统治地位,带状分布十分明显。在典型的湖滨带内,有根水生植物随水环境因子的梯度变化,一个类群取代另一类群形成同心圆带,这些同心圆带从陆向辐射带到水向辐射带由浅入深依次分布着湿生植物带、挺水植物带、浮叶植物带和沉水植物带。

1.2.1 湖滨带的空间结构

湖滨带是一个环带状景观,存在着明显的生物因素和非生物因素的梯度分布,是一个非均一的开放系统,遵循耗散结构理论,无论在垂直剖面的横向和纵向,还是在轴向分布都表现出明显的层次结构特点。

1.2.1.1 垂直剖面结构

(1) 横向结构

湖滨带由陆向辐射带、水位变幅带和水向辐射带组成,典型的湖滨带结构见图 1-1。水位变幅带是指高水位到低水位之间的区域,是湖滨带的核心区域。受年际和年内的水位变化和风浪强度的影响,水位变幅带并不是固定不变的,而是动态变化的。变化幅度受上游来水和本流域的水文情势影响,跟湖泊水位的概率特性有关,挺水植物是水位变幅带内的特征植物;陆向辐射带是从高水位线向陆域扩展的地带,是陆域方向的人类活动或陆源污染对水位变幅带影响比较大的区域,区域宽度与湖水和风浪影响范围、湖滨带的保护目标有关,湿生植物是陆向辐射带内的特征植物;水向辐射带是从低水位线向水域过渡的地带,是在湖泊风浪和水流(包括陆域下来穿过湖滨带的地表径流和地表漫流、湖泊水体方向的向岸流)的作用下对湖泊水体环境和生态产生影响的区域范围,依次分布着浮叶植物、沉水植物。

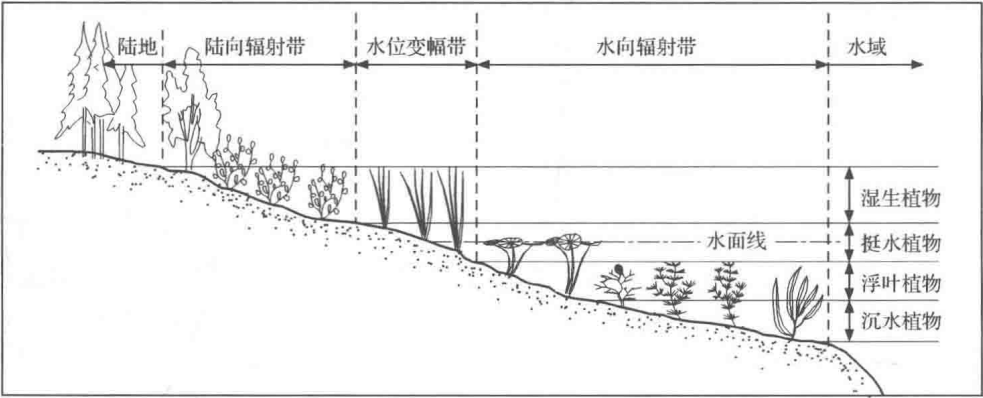


图 1-1 典型湖滨带垂直剖面的横向结构特征

由于受自稳定角度影响,岩石底质、砂石底质、黏土底质所形成的湖滨坡面各不相同且形态迥异,从而影响湖滨带横向结构。湖滨带横向结构的宽度与湖岸坡度相关,湖岸坡度越小湖滨带的宽度越大。影响湖岸坡度的因素比较多,湖盆形态、湖流、风浪的水力作用,湖泊底质的稳定性和植被覆盖都会对湖岸坡度产生影响。在湖流和风浪作用下的沉积和侵蚀过程对湖滨带的稳定性产生的影响最大,过快的沉积和侵蚀对湖滨带的稳定都是不利的。

另外,湖滨带的横向结构受人类活动的干扰比较强烈,人们为了某种目的,比如防洪、湖滨陆上交通、码头、取水、旅游等,修建了许多永久性或半永久性的构筑物,形成了各种各样的人造湖滨,直接影响陆向辐射带、水位变幅带和水向辐射带的宽度。极端情况是截断了水陆之间的联系,水位变幅带的宽度为 0,水陆生态系统之间缺少过渡。

(2) 纵向结构

生态系统都有一定的结构。水域生态系统表现为水体、底泥、空气三个自然体的特点,水体生境常表现出复杂的分层。而陆地生态系统通常仅为土壤、空气两个自然体,生境分层现象不明显。水域生态系统和陆地生态系统的许多区别都由水这一生境因子所造成。湖滨带是水陆生态系统间的交错带,根据交错带的特征及水域生态系统和陆地生态系统在生境上的主要区别,湖滨带的纵向结构表现为空气、水、底泥三个自然体,并以水为主导因子表现出显著的环境梯度变化(见图 1-2),从陆地旱生环境到湿生环境、水生环境呈现出一系列梯度性连续变化,底泥也随水分和水深梯度表现出一系列多变性、复杂性的变化特征。

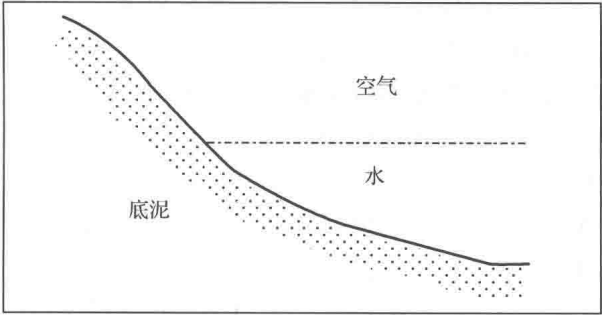


图 1-2 湖滨带内主要非生物环境因子的纵向结构

湖滨带的水环境因子变化,尤其是水深变化,对湖滨带湿地植物生态适应的方式和途径具有重要影响。湿地植物对水深梯度的响应表现出明显的分层、分异特征,水深由浅入深依次分布着湿生植物带、挺水植物带、浮叶植物带和沉水植物带(见图 1-3),在景观上表现出环带状分布特征,有比较明显的垂直分化和成层现象,这种现象保证了湖滨带内群落中各种群在单位空间中更充分利用自然环境条件。

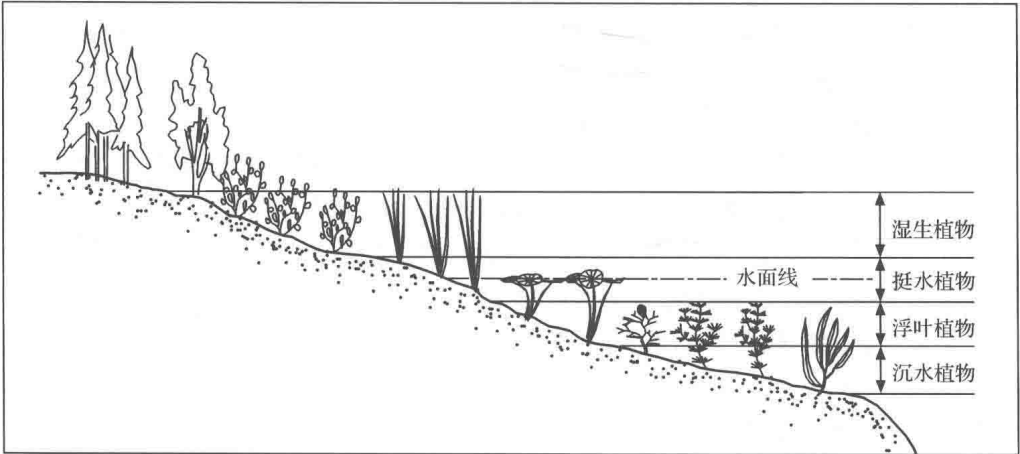


图 1-3 湖滨带内植被的纵向结构

1.2.1.2 轴向结构

对任一具体湖泊来说,湖滨带都是一个环带状结构(由于存在出、入湖河流,经常是不封闭的环),由于湖周各段的基底、地形、气候、水文、水动力条件等环境因子会存在一定的差异,这些差异对湖滨带的生物系统会产生明显的影响,植物种群类型、种群生物量、群落结构、植物分布面积等方面在不同湖滨带会表现出一定的差异性。另外不同岸段的湖滨带陆向辐射区内的土地利用和人类活动,也会对湖滨带结构产生很大的影响。这种大型湖泊不同的湖岸段的湖滨带在空间结构和生物群落方面呈现出的差异性体现在湖滨带结构上就是湖滨带的轴向结构。

湖滨带的轴向结构可以体现整个沿湖湖滨带的全貌,为了便于湖滨带的生态治理、工程维护以及行政管理,湖滨带通常被分段分类,从而沿湖滨带的轴向依次分布着不同类型的湖滨带。按照湖滨带陆向辐射带、水位变幅带、水向辐射带的特点以及位置关联度进行聚类分析。陆向辐射带受人类活动影响最大,可依据主要的土地利用类型进行分类,例如山地型、大堤型、农田型、鱼塘型、草林型、河口型等;水位变幅带主要反映变幅带的区域完整程度,可以综合考虑湖滨岸带、基底和水位的相互关系,以及湿生、挺水植被的覆盖情况进行分类,例如长期露滩型湿地、间歇露滩型湿地等,再结合植被类型分类;水向辐射带主要是浮叶植物、沉水植物、底栖生物的分布区,可以依据这些生物的完整性或主要代表性生物群进行分类,如浮叶-沉水植物型、沉水植物型、底栖生物密集型等。根据以上原则,湖滨带轴向分布的描述就可以采用三个带(陆向辐射带、水位变幅带、水向辐射带)类型的组合。

1.2.2 湖滨带的时间结构

空间形式永恒地为时间形式所改变和重构(安立仁,1992)。时间形式更能够表现出物质存在的内在本质、运动、变化。对于湖滨带生态系统的演替来说,空间结构体现在一定的时间之内,同一生境在不同时间具有不同的空间结构;时间结构出现在一定的空间范围之内,同一时间在空间上会出现水平与垂直分化。时间中蕴涵了两方面迥然相反的特性:变动性和秩序性,一方面是时间的流动性和不可逆性,另一方面是时间的线性序列和顺序关系。时间结构是系统的组成成分按时间关系形成的组织形式,并随时间变化而产生变化。时间结构具有一维性、单向性和节律性。湖滨带的时间结构主要表现为:随着时间的流逝,湖滨带生物及其生境条件的演化规律,并在“时-空结构”中和人的积极存在紧密联系在一起。

湖滨带时间结构会受到系统内外干扰的影响,影响程度与干扰的时机、干扰的频率以及干扰的持续时间有关。影响湖滨带时间结构的因素可以分为人为因素和自然因素。自人类成为这个星球的主导者以来,地球上任何事物的发展都受人类活动的巨大影响,都与人类的历史活动密切相关。人类对湖滨带时间结构的影响

主要体现在对湖滨带退化过程的影响,逐水而居、围湖造田、兴修水利等活动都构成了湖滨带发展过程中的重要时间节点,对湖滨带乃至整个湖泊的发展、变化都起到至关重要的作用。人为因素对湖滨带时间结构的影响具有影响力度大、突发性强、影响周期长、可逆性低等特点。人为因素的影响在 1.5 节详细阐述,这里重点阐述自然因素对湖滨带时间结构的影响。

影响湖滨带时间结构的自然因素主要有生物节律、气候因子、水动力因素等。

1) 生物节律是生命现象中的规律性变化。节律是生物的基本特征之一,从分子、细胞到个体、种群、群落、生态系统各个层次上都有明显的时间周期现象,其周期从几秒、几天直到几月、几年。时间生物学(Chronobiology)认为,广泛存在的节律是生物在长期进化过程中形成的,使生物能更好地适应周期性生境条件的变化,并通过适配的相位关系保持生命过程的协调统一。生物节律的基础是机体内部遗传性的生物钟(biological clock)(叶峻,1996),可以有规律地呈现出不同的时间结构。生物的时间结构特征也是湖滨带时间结构的最主要的表现形式(Hall and Werner,1977;Hatzenbeler et al.,2000)。

2) 气候因子包括光、温度、水分、空气等,根据各因子的特点和性质,还可再细分为若干因子。如光因子可分为光强、光质和光周期等,温度因子可分为平均温度、积温、节律性变温和非节律性变温等。气候因子是影响生态系统中生物体的直接因子,它们一方面可以通过降雨、日照等因素影响湖滨带的水位、干湿状态,直接改变湖滨带的生境条件,另一方气象因子的波动又可以直接或间接改变湖滨带生物生长及繁殖,使湖滨带呈现不同的日变化及季相变化。

3) 水动力因素主要指湖流、风浪、定振波等。水动力是湖水运动的基础,引起湖水运动的力主要有:风力、水力梯度及造成水平或垂直密度梯度引起的力。湖水运动除受湖泊风场变化和气压场的突变、水流进出湖泊等外部因素影响外,还受湖水面积、深度、成层结构、密度分布等内部因素的制约。水动力因素使湖滨带在不同时间段呈现不同的水力状态和湖水运动状态,从而影响湖滨带生物的生长、繁殖、栖息规律与生物分布特征,对湖滨带的结构、功能以及生物多样性都有着深远的影响(Gasith and Gafny,1990;Hofmann et al.,2008)。有时这种水动力的变化也是湖滨带生物生长的必要条件,而非仅仅是一种对外界环境的适应(Abrahams,2008;Wantzen et al.,2008)。湖泊蓄水量的变化,直接决定着湖水水位的升降,但在蓄水量不变的情况下,湖泊增减水和定振波等作用也会引起水位的变化。湖泊水位变化造成了湖滨带淹水范围、淹水深度和淹水持续时间的周期性变化,对湖滨带的挺水植物、沉水植物、底栖生物物和微生物影响很大。水动力的效应分为长期效应和短期效应。长期效应包括丰水期、枯水期,春夏冰雪融化引起的水面上升、季节性的水位变化等,作用深度可达几米,作用长度可以从几米到几千米;短期效应是指风浪、轮船引起的水面起伏等,其作用范围要比长期效应小得多。长期水动