



· 生态学研究 ·

城市湿地生态系统生态学

董 鸣 主编



科学出版社

生态学研究

城市湿地生态系统生态学

董 鸣 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以城市湿地生态系统为主要对象,以生态学为主视角,较广泛地涉及城市湿地生态系统的理论与应用的多个方面:从城市湿地生态系统的类型到空间格局分布特征,从城市湿地生态系统的结构到功能与服务,从城市湿地生态系统的健康、保护到恢复、修复与管理。本书收集和综述的文献为近年来城市湿地生态系统生态学的研究成果,包括我国的研究现状、进展及成就,国内外研究现状的比较,学科发展建议等。

本书可供从事生态学研究及相关领域研究或教学的研究人员、教师,以及研究生和本科生参阅,也可为生态学、环境科学和城市管理科学相关业务管理部门提供决策参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市湿地生态系统生态学/董鸣主编. —北京:科学出版社,2018.1
(生态学研究)
ISBN 978-7-03-052852-0

I. ①城… II. ①董… III. ①城市-沼泽化地-生态系生态学-研究
IV. ①P941.78

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第110705号

责任编辑:马俊 / 责任校对:彭涛
责任印制:张伟 / 封面设计:刘新新

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2018年1月第一次印刷 印张:14 5/8

字数:295 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《生态学研究》丛书专家委员会

主 任

李文华

专家委员会成员

(按拼音排序)

包维楷	陈利顶	陈亚宁	程积民	董 鸣
戈 峰	梁士楚	林光辉	刘世荣	吕宪国
吕永龙	闵庆文	欧阳志云	彭少麟	孙 松
王友绍	吴文良	解 焱	薛达元	于贵瑞
张金屯	张润志			

《城市湿地生态系统生态学》编委会

主 编

董 鸣

编 委

张杭君 刘 建 吴玉环 陈 波 吴 明

王 繁 徐俊锋 李文兵 宋焱彬 潘 旭

肖 涛 王慧中 王仁卿 曾 波 卢剑波

金仁村 陈 艳

丛 书 序

生态学是当代发展最快的学科之一，其研究理论不断深入、研究领域不断扩大、研究技术手段不断更新，在推动学科研究进程的同时也在改善人类生产生活和保护环境等方面发挥着越来越重要的作用。生态学在其发展历程中，日益体现出系统性、综合性、多层次性和定量化的特点，形成了以多学科交叉为基础，以系统整合和分析并重、微观与宏观相结合的研究体系，为揭露包括人类在内的生物与生物、生物与环境之间的相互关系提供了广阔空间和必要条件。

目前，生态系统的可持续发展、生态系统管理、全球生态变化、生物多样性和生物入侵等领域的研究成为生态学研究的热点和前沿。在生态系统的理论和技术中，受损生态系统的恢复、重建和补偿机制已成为生态系统可持续发展的重要研究内容；在全球生态变化日益明显的现状下，其驱动因素和作用方式的研究备受关注；生物多样性的研究则更加重视生物多样性的功能，重视遗传、物种和生境多样性格局的自然变化和对人为干扰的反应；在生物入侵对生态系统的影响方面，注重稀有和濒危物种的保护、恢复、发展和全球变化对生物多样性影响的机制和过程。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》将生态脆弱区域生态系统功能的恢复重建、海洋生态与环境保护、全球环境变化监测与对策、农林生物质综合开发利用等列为生态学的重点发展方向。而生态文明、绿色生态、生态经济等成为我国当前生态学发展的重要主题。党的十八大报告把生态文明建设放在了突出的地位。如何发展环境友好型产业，降低能耗和物耗，保护和修复生态环境；如何发展循环经济和低碳技术，使经济社会发展与自然相协调，将成为未来很长时间内生态学研究的重要课题。

当前，生态学进入历史上最好的发展时期。2011年，生态学提升为一级学科，其中国家科研战略和资源的布局中正在发生重大改变。在生态学领域中涌现出越来越多的重要科研成果。为了及时总结这些成果，科学出版社决定陆续出版一批学术质量高、创新性强的学术著作，以更好地为广大生态学领域的从业者服务，为我国的生态建设服务，《生态学研究》丛书应运而生。丛书成立了专家委员会，以协助出版社对丛书的质量进行咨询和把关。担任委员会成员的同行都是各自研究领域的领军专家或知名学者。专家委员会与出版社共同遴选出版物，主导丛书发展方向，以保证出版物的学术质量和出版质量。

我荣幸地受邀担任丛书专家委员会主任，将和委员会的同事们共同努力，与出版社紧密合作，并广泛征求生态学界朋友们的意见，争取把丛书办好。希望国内同行向丛书踊跃投稿或提出建议，共同推动生态学研究的蓬勃发展！



丛书专家委员会主任
2014年春

前 言

湿地是水陆交错带（交替带），具有很强的时空变化。湿地生态系统不仅有着自己的属性和特征，而且兼有陆生生态系统和水生生态系统的一些特点。随着人类社会的进步和科技的发展，湿地所具有的独特、多重、强大的生态系统功能和生态系统服务逐渐地被揭示出来。同时，湿地面临的由自然因素和人为因素所导致的巨大威胁及其严重后果也逐渐地被人们深刻认识到。这些都使得湿地作为地球重要的生态系统类型和人类共有的宝贵生态财富引起了世界各国学术界、科技界，以及其他社会各界和政府的持续关注。

在人类历史长河里，文明的发生和发展因地域和年代的不同而各异，表现出高度的多样性。然而，人类生存和发展与湿地有着紧密联系，这却是古今中外一以贯之、概莫能外的；“逐水而居”“择水而居”“以水而居”和“依水而居”这样的描述在文献中历历可见。正是以湿地为基础，人类祖先聚居形成部落，进而发展出城邦和城市区域。根据发生和发展的不同，常将湿地划分为不同的类型，从而形成分类体系。

在丰富多样的湿地中，城市湿地与人类的生产和生活最为密切相关。本书从生态系统的角度，尝试将城市湿地（urban wetland）定义为：毗邻城市或位于城市之内，并与城市相互作用的湿地，其相互作用体现在生态系统组成、结构、功能和（或）服务等方面。城市湿地在类型上也是丰富多样的，不同类型的城市湿地具有不同的发生和发展规律及特征。

城市湿地生态系统拥有巨大的生态效益、环境效益、经济效益和社会效益。然而，人们在享受大自然给予的恩赐的同时，却在追求城市效率的过程中忽略了保护湿地的生态功能，致使大量的湿地在城市化进程中被蚕食和破坏。湿地退化和消失会引发洪灾隐患、水体污染、环境恶化等严重后果，从而成为社会经济发展的瓶颈，对人类社会的发展产生严峻挑战。这已成为世界各地城市化过程中的通病，引起了政府部门、学术界和科技界前所未有的重视，催生并推动了旨在保护和恢复城市湿地的公众教育、制度建设和重点研发工作。在当下中国，城市湿地保护和恢复已成为生态文明建设的重要内容。

城市湿地研究是一个新兴的研究领域，广泛地涉及生态学、生物学、地理学、土壤学、环境科学、城市学等自然科学领域和社会科学领域及其交叉的众多学科。本书以城市湿地生态系统为主要对象，以生态学为主视角，较广泛地涉及城市湿地生态系统的理论与应用的多个方面：从城市湿地生态系统的类型到空间格局分布特征，从城市湿地生态系统的结构到功能与服务，从城市湿地生态系统的健康、保护到恢复、修复与管理。

全书包括十一章，即，

第一章“城市湿地的类型与分布”

第二章“城市湿地生态系统结构”

第三章“城市湿地生态系统的生物多样性”

第四章“城市湿地空间格局”

第五章“城市湿地生态系统功能”

第六章“城市湿地生态系统服务”

第七章“城市湿地生态系统健康”

第八章“城市湿地生态系统保护”

第九章“城市湿地生态系统恢复”

第十章“城市湿地生态系统修复”

第十一章“城市湿地生态系统管理”

各章编写人员分别为，

第一章：陈波、宋垚彬、董鸣

第二章：刘建、王仁卿、董鸣

第三章：吴玉环

第四章：徐俊锋、陈慧丽、胡潭高、卢剑波

第五章：潘旭、张亚琳、姜丹、余华、胡宇坤

第六章：吴明、宁潇、邵学新

第七章：肖涛、曾波、余波、宋垚彬、董鸣

第八章：王繁、王慧中

第九章：李文兵、蒋跃平、戴文红、董鸣

第十章：张杭君

第十一章：宋垚彬、陈艳、金仁村、董鸣

在本书的编写过程中，于2016年6月4日在杭州召开了“城市湿地生态系统生态学”研讨会，本书绝大部分作者参加了该会议。会议中，大家充分讨论、集思广益，对本书的完成起到了很好的推进作用。

李文兵和宋垚彬同我一道完成了统稿工作，余华和戴文红审读了全书文字。借此机会向各位同行在本书编写和出版过程中所给予的倾力支持和竭诚合作表示衷心的感谢！

本书的出版得到了科学出版社的大力支持，科学出版社编辑为本书的出版进行了认真的编辑加工工作，特此感谢！

鉴于国内尚未见到城市湿地生态系统生态学的专门著作，本书尝试系统地梳理和归纳已有的相关知识，抛砖引玉，期望能够为城市湿地生态系统的保护与恢复提供一定的理论参考。由于相关学科的迅速发展和编写人员能力所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大同行批评指正。



2017年3月13日

目 录

丛书序

前言

第一章 城市湿地的类型与分布	1
第一节 引言	1
第二节 城市湿地的概念及其类型、分布	12
第三节 总结与展望	25
参考文献	26
第二章 城市湿地生态系统结构	34
第一节 引言	34
第二节 非生物环境	34
第三节 生产者	35
第四节 消费者	37
第五节 分解者	42
第六节 城市湿地生态系统结构的特点	46
参考文献	48
第三章 城市湿地生态系统的生物多样性	51
第一节 引言	51
第二节 理论基础	52
第三节 湿地生物多样性监测的指标体系和实施方法	64
第四节 城市湿地生物多样性的保护	67
参考文献	70
第四章 城市湿地空间格局	74
第一节 引言	74
第二节 城市湿地格局现状	75
第三节 城市湿地格局变化	77
第四节 城市湿地景观格局变迁的驱动力分析	83
第五节 城市湿地格局的研究方法	86
第六节 案例分析	87
参考文献	103
第五章 城市湿地生态系统功能	105
第一节 引言	105
第二节 城市湿地生态系统功能的内容	109
第三节 城市湿地生态系统功能的研究热点	114
参考文献	119

第六章 城市湿地生态系统服务	124
第一节 引言	124
第二节 概念	124
第三节 服务价值评估方法	132
第四节 生态服务价值分类	135
参考文献	135
第七章 城市湿地生态系统健康	137
第一节 引言	137
第二节 城市湿地生态系统健康的理论	139
第三节 城市湿地生态系统健康的评价方法	144
第四节 总结与展望	147
参考文献	149
第八章 城市湿地生态系统保护	152
第一节 城市湿地生态系统退化	152
第二节 城市湿地生态系统保护方法和原则	156
参考文献	162
第九章 城市湿地生态系统恢复	164
第一节 引言	164
第二节 恢复目标与原则	168
第三节 恢复模式与措施	171
第四节 城市湿地恢复技术	173
第五节 城市湿地恢复程序	175
第六节 城市湿地生态系统恢复的限制性因素	179
参考文献	181
第十章 城市湿地生态系统修复	183
第一节 引言	183
第二节 城市湿地水体修复技术	185
第三节 城市湿地土壤修复技术	193
第四节 城市湿地滨岸带修复技术	196
第五节 城市湿地生态修复工程的管理	197
参考文献	199
第十一章 城市湿地生态系统管理	205
第一节 引言	205
第二节 城市湿地生态系统管理方法	207
第三节 生态红线——城市湿地生态系统管理的有效保障	213
第四节 案例分析	217
第五节 总结与展望	218
参考文献	218

第一章 城市湿地的类型与分布

第一节 引言

湿地是地球表面主要的生态系统之一, 据估计, 全球湿地总面积约为 $8.56 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 占世界陆地面积的 4%~6% (Mitsch & Gosselink 2000; 刘兴土等 2012)。虽然湿地生态系统在全球的分布极不均匀 (表 1-1) (Zedler & Kercher 2005), 但在世界自然保护联盟 (IUCN)、联合国环境规划署 (UNEP) 和世界自然基金会 (WWF) 等编制的《世界自然资源保护大纲》中, 湿地生态系统与森林生态系统、海洋生态系统并称为全球价值最高的三大生态系统 (陈宜瑜 1995; 吕宪国 2004; Foti et al. 2013)。

表 1-1 全球湿地分布及其在各地地区的最小估计面积 (引自 Zedler & Kercher 2005)

地区	面积/ ($\times 10^6 \text{ km}^2$)
非洲	1.21~1.24
亚洲	2.04
东欧	2.29
西欧	0.29
新热带区	4.15
北美洲	2.42
大洋洲	0.36
总计	12.76~12.79

湿地是介于水体和陆地之间的生态交错区, 它既不同于陆地系统, 也不同于水体系统, 其形成过程、土壤类型、水文和植被等具有独有的特征, 即地表积水或土壤饱和、淹水土壤、厌氧条件和适应湿生环境的动植物。地球上不同经纬度、不同海拔分布着类型各异的湿地生态系统。湿地生态系统是自然界中生物多样性最丰富和生态功能最强的生态系统之一 (吕宪国 2004; Zedler & Kercher 2005; Myers et al. 2013), 具有重要的生态服务功能 (Costanza et al. 1997; Clarkson et al. 2013)。虽然湿地在全球面积中所占的比例不高, 但其提供的生态系统服务占全球总生态系统服务的 40%左右 (Zedler & Kercher 2005)。

一直以来, 湿地生态系统为人类的生产和生活提供了丰富多样的资源, 是人类重要的生存环境, 被誉为“地球之肾”。然而随着经济发展 (Verhoeven et al. 2010; 闫长平和马延吉 2010; Myers et al. 2013; 周梦瑶等 2015)、城市化过程 (潮洛蒙和俞孔坚 2003; Faulkner 2004; 孙广友等 2004; 王建华和吕宪国 2007; Kaushal & Belt 2012; 董鸣等 2013; 陈鹏等 2014; Hettiarachchi et al. 2014a; Larson et al. 2016) 和全球气候变化的影响 (Verhoeven et al. 2006; Erwin 2009; 牛振国等 2012; Foti et al. 2013; Werner et al. 2013), 地球上的湿地生态系统一直处于缩减和退化的状态之中 (Sakané et al. 2011; Sullivan et al. 2014)。据估计, 全球目前已消失约 50%的湿地, 并且, 发达国家和发展中国家均面临着湿地退化的现实。美国自从欧

洲殖民者定居以来,已有 53%的湿地消失或退化(Dahl 1990; Tsai et al. 2012),其中消失的湿地中有 87%是因为农业活动(Gutzwiller & Flather 2011)。自 20 世纪 80 年代起,美国农业活动的影响作用逐渐下降,城市化过程对湿地的影响逐步增强,有 57%的湿地因城市化过程丧失(Brady & Flather 1994)。加拿大则因农业活动、城市化和工业用地等导致 85%的湿地消失(Kennedy & Mayer 2002)。欧洲各国由于农业开发历史悠久,大多数湿地已被高强度开发。例如,英国自罗马时代以来大约已有 23%的河口湿地、50%的盐生沼泽和 40%的湿生草地丧失(牛振国等 2009)。据估算,新西兰在过去 150 年里已有近 90%的原始湿地消失,是世界上湿地消失最多的国家(Gerbeaux 2003; Clarkson et al. 2013)。哥伦比亚已有 24%的湿地消失,其中西部考卡河谷(Cauca River Valley)地区在 1950~1980 年的 30 年间,约有 80%的湿地丧失,主要与高强度的乡村放牧活动有关(Patino & Estupinan-Suarez 2016)。

滨海湿地一直遭受人类的高强度干扰,在全球尺度上,已经约有 35%的红树林、29%的海草和 30%的珊瑚礁消失(Barbier et al. 2008; Waycott et al. 2009; Cui et al. 2016)。美国滨海地区,约 39%的淡水湿地因为城市化而消失(Dahl 2011),而加利福尼亚州因城市化已导致 75%的滨海湿地消失(Kent & Mast 2005)。

中国作为世界上湿地类型比较齐全、数量丰富的国家之一,拥有从寒温带到热带、从内陆到沿海、从高山区到平原区类型多样的湿地,几乎拥有《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(简称《湿地公约》)中所有类型的湿地。我国的湿地生态系统具有一个明显的特征,即同一个地区内具有多种类型的湿地,以及一种湿地类型分布于多个地区(崔丽娟等 2007)。

我国包括沼泽、河流和湖泊在内的湿地面积约占全国陆地面积的 4.9%(Jiang et al. 2015)。国家林业局于 2014 年 1 月 13 日公布的第二次全国湿地资源调查结果表明:按照《湿地公约》的规定,我国湿地分为 5 类,其中近海与海岸湿地 579.59 万 hm^2 、河流湿地 1055.21 万 hm^2 、湖泊湿地 859.38 万 hm^2 、沼泽湿地 2173.29 万 hm^2 、人工湿地 674.59 万 hm^2 。与我国 1995~2003 年进行的第一次湿地资源调查同口径比较,湿地总面积减少 339.63 万 hm^2 ,减少率为 8.82%。其中,自然湿地减少 337.62 万 hm^2 ,减少率为 9.33%;湿地面积年均减少率为 0.92%,自然湿地年均减少率为 0.97%。国家林业局曾于 2013 年 3 月制订出台了《推进生态文明建设规划纲要》,其中划定了湿地保护红线:全国湿地面积不少于 8 亿亩^①,维护国家淡水安全。该纲要进一步指出这个湿地生态红线是数量上的约束要求,仍需划定具体的空间区域,并对生态红线保护区域的管理做出明确要求。

我国拥有约 $1.8 \times 10^4 \text{ km}$ 长的大陆海岸线,大约分布着 5800 万 hm^2 的滨海湿地,约占全国天然湿地的 3%,滨海湿地主要分布于东部及南部沿海自辽宁到广西的 14 个省(自治区、直辖市)内,其中山东、辽宁、江苏和福建分别分布着约 30%、18%、16%和 15%的滨海湿地。以杭州湾为界,以北的海岸以淤泥质为主,约占全部滨海湿地面积的 60%(牛振国等 2012)。在我国,沿海地区由于围塘造堤导致 50%以上的滨海湿地退化(An et al. 2007; Ma et al. 2014)。我国滨海湿地除了受自然条件和潮汐的影响外,因处于经济发达区域,其变化与农、林、牧、渔产业和人口增加等密切相关(宫宁等 2016)。

与此同时,我国内陆湿地也在持续减少。据估计,目前我国已消失 23%的淡水沼泽、16.1%

^① 1 亩 $\approx 666.7 \text{ m}^2$, 后同。

的湖泊和 15.3% 的河流 (An et al. 2007)。牛振国等 (2012) 的研究进一步指出在 1978~2008 年, 我国内陆湿地减少了 49.37%。内陆湿地的减少程度在不同区域不同, 影响因素也各有差异。例如, 蒋锦刚等 (2012) 报道, 若尔盖县的河流和湖泊、泥炭沼泽、沼泽化草甸和湿草甸的面积在 1974~2007 年逐渐减少。与此同时, 以旱生植物为主的高覆盖度草地、居民点、建筑用地和沙地面积却在增加, 在较短时间尺度上, 人为因素是影响湿地变化的主要驱动力。在 1950~2000 年, 三江平原北部湿地占比由原来的 52.49% 下降到 15.71% (侯伟等 2006)。内陆湿地与自然条件和农业耕作灌溉等密切相关, 累计降水、耕地面积、有效灌溉面积等在水量相对较少的北方影响显著, 湿地围垦及争夺湿地水源是导致内陆湿地锐减的主要原因 (宫宁等 2016)。

近年来, 随着人们保护湿地意识的提高及退耕还湿工程的开展, 我国湿地的减少趋势开始减缓。据研究, 在 1978~2008 年, 我国湿地面积减少了约 33%, 而人工湿地增加了约 122%, 我国自然湿地减少的前期阶段, 主要被开发为农田等常规土地利用方式, 后期自然湿地则逐渐被开发为人工湿地, 湿地减少的趋势放缓, 气候变化和农业活动是我国湿地变化的主要驱动因素 (牛振国等 2012)。国家林业局公布的第二次全国湿地资源调查结果表明, 全国共有 577 个湿地自然保护区、468 个湿地公园。全国受保护湿地面积为 2324.32 万 hm^2 , 增加了 525.94 万 hm^2 , 湿地保护率由 30.49% 提高到 43.51%。

1.1 湿地概念

尽管人类很早就认识到湿地的存在, 由于湿地生态系统具有类型的多样性、分布的广泛性、面积的差异性、淹水条件的易变性和边界的不确定性等特征, 到目前为止, 科学界仍未给出一个统一的湿地定义 (陈宜瑜 1995; Hughes 1995; Scott & Jones 1995; Mitsch & Gosselink 2000; USEPA 2002; 吕宪国 2004)。据估计, 有关湿地的定义有近 60 种 (杨永兴 2002; 刘兴土等 2012)。

美国鱼类及野生生物管理局 (United States Fish and Wildlife Service) 较早曾定义湿地为被浅水和有时为暂时性或间歇性积水所覆盖的低地, 并认为湿地通常应包括: 草本沼泽 (marsh)、木本沼泽 (swamp)、泥炭鲜沼泽 (bog)、湿草甸 (wet meadow)、淤泥沼泽 (sludge) 和河漫滩 (river overflow land) 等 (Shaw & Fredine 1956)。后来, 又重新定义湿地是指陆生系统和水生系统之间过渡的土地, 在这些土地上, 水位经常在地表或接近地表, 或为浅水所覆盖。Cowardin 等 (1979) 明确指出, 湿地必须具备下述 3 个特征之一: ①至少在土地上有周期性地生长着优势的水生植物; ②基质中占优势的是不透水的水成土壤; ③非土壤基质在生长季的某些时候被水所饱和或被浅水所覆盖。

1971 年 2 月在伊朗拉姆萨签署的《湿地公约》给出了一个相对宽泛的定义, 即湿地是指天然或者人工、长久或者暂时性的沼泽地、泥炭地或水域地带, 带有或静止或流动的淡水、半咸水、咸水水体, 包括低潮时水深不超过 6 m 的水域。同时, 还包括邻近湿地的河湖沿岸、沿海区域, 以及位于湿地范围内的岛屿或低潮时水深不超过 6 m 的海水 (Ramsar 1982)。《湿地公约》的定义涵盖的对象比较宽泛, 据此定义湿地可以包括河流、湖泊、沼泽、珊瑚礁及人工湿地, 如水库、鱼 (虾) 塘、盐池、水稻田等, 因此, 该定义被广泛应用于湿地的研究和保护管理实践中。

尽管如此, 在湿地资源比较丰富、类型比较复杂的国家, 相关学者仍结合本地的实际情

况和研究重点,给出了湿地不同的定义。例如,加拿大学者 Zoltai (1980) 早期定义湿地为“湿土占优势,在解冻季节的多数日子里水位接近或超过矿质土壤,生长有水生植物的土地”。后来 Zoltai 等 (1988) 又指出“湿地是水淹或地下水水位接近地表或浸润时间长,从而促进湿成或水成过程,并以水成土壤、水生植被和适应潮湿环境的生物活动为标志的土地”。在此基础上,加拿大政府管理机构后来采用了重新修订的湿地定义,即湿地是指水体浸润时间长,从而促进湿成或水成过程,并以排水性差的土壤、水生植被和适应潮湿环境的生物活动为标志的土地 (Kennedy & Mayer 2002)。

新西兰学者则强调了湿地“是永久或间歇性的湿润区域、浅水及能支持动植物适应湿润条件的自然生态系统的水域边缘区域” (Clarkson et al. 2013)。

英国学者尤其强调湿地中的水分,认为湿地“是一个地面受水浸润的地区,具有自由水面,通常是四季存水,但也可以在有限的时间段内没有积水。自然湿地的主要控制因子是气候、地形和地质,人工湿地则有其他控制因子” (Lloyd et al. 1993)。

美国陆军工程兵团也认为“湿地是在一定的频率和延续时间内被地面水或地下水淹没或浸润的地区” (余国营 2001)。

此外, Mitsch (1994) 曾从动力地貌的角度分析湿地,认为“湿地是区别于其他地貌系统(如河流地貌系统、海湾、湖泊等水体)的具有不断起伏水位且水流缓慢的浅水地貌系统”。Wilén 和 Tiner (1993) 则从生态学的角度强调湿地是陆地与水生系统之间的生态过渡地带,其地表为浅水所覆盖或者其水位在地表附近变化。

我国有关湿地的认识起始于 20 世纪 50 年代对泥炭和沼泽地的研究,并在此基础上逐步深入展开,直至 20 世纪 80 年代我国才开始流行“湿地”一词,并认识到沼泽是湿地的主要类型和基本组分之一 (吕宪国和刘晓辉 2008)。《中国自然保护纲要》曾分别定义了沼泽和海涂,认为“沼泽是陆地上有薄层积水或间隙性积水,生长有沼生和湿生植物的土壤过湿阶段,其中有泥炭积累的沼泽称为泥炭沼泽。海涂即指沿海滩涂,是指沿海涨潮时被水淹没,退潮时露出水面的软底质的广大潮间平地(即潮间带和潮上浪花飞溅带)”,同时指出国际上已把沼泽和海涂合称为湿地 (中国自然保护纲要编写委员会 1987)。《环境科学大辞典》将湿地定义为“陆地和水域的交汇处,即地表有暂时或永久的浅层积水,以水生植物为优势种,包括沼泽、海涂、湖滩、湿草地及浅水湖泊(不包括河流、水库和深水湖)”,并进一步指出国际上常把沼泽和水深 6 m 以下的水面称为湿地 (环境科学大辞典编辑委员会 1991)。在 1994 年召开的“中国湿地生态环境保护规划”会议中,将湿地定义为“处于陆地和水域的交汇处,水位接近或处于地表面,或有浅水层,一般以低水位时水深 2 m 处为界。湿地应具有以下特征:①至少周期性的以水生、湿生植物为优势种;②底层土主要是湿土;③在每年的生长季节底层土被淹没 4 个月以上” (朱建国和李应中 1996)。郎惠卿 (1999) 也指出湿地应具有 3 个特点:①地表多水,水是导致湿地形成、发展、演替、消亡与再生的关键,无水不成湿地,地表过湿,有季节性或常年性积水、淡水、半咸水或咸水;②水多导致土壤潜育化,有明显潜育层,有的有泥炭层,为水成土;③受多水的影响,生长有湿生植物、沼生植物、水生植物或喜湿的盐生植物。在强调了湿地的综合特征的基础上,孙广友 (2000) 认为“湿地是地球表层的地理综合体,是地表经常过湿或被浅水体(一般深度 < 3 m) 掩盖的部分,并且生长着水生-湿生生物群,湿地土壤具有泥炭层或潜育层,是一种水陆复合生态系统”。余国营 (2001) 也指出湿地的自然综合特征,认为“湿地是地球表层上由水、土和

挺水植物或湿生植物(可伴生其他水生生物)相互构成,其内部过程长期为水所控制的自然综合体”。王翀和林慧龙(2012)定义湿地“是以天然降水、自然补水或人工补水为水源,以挺水植物、浮叶植物、沉水植物或漂浮植物为阶段优势种,由土地和水汇接而成,它既不完全是土地,也不完全是水,而是介于二者之间,能够提供较高生产力、生物多样性和生态功能的具有一定面积的特定生态系统”。

传统上,湿地定义可以被分为广义的定义和狭义的定义两大类(Scott & Jones 1995)。广义的湿地定义包括《湿地公约》的定义和我国林业部门的定义。一个以管理为目的的、广义的湿地定义,有利于开展湿地集水区的统一管理(殷书柏和吕宪国 2006;刘兴士等 2012)。一般来讲,狭义的湿地定义应包括水、土壤和植被等3个主要的湿地因素,狭义的湿地概念一般都遵循下列3个基本原则:①湿地以水的存在为特征,无论在地表,还是在植物的根区;②湿地的土壤条件通常不同于邻近的高地,多为水成土;③湿地植被由适合于湿润环境的植物所组成,但缺乏耐受洪水胁迫的植物。目前,我国学者也强调湿地的3个构成要素:积水、过湿地和湿生生物。同时,也给出水深2 m以内,积水期长达4个月以上等量化指标(佟凤勤和刘兴士 1995;赵魁义 1995;刘兴士等 2012)。

杨永兴(2002)主张将湿地的定义划分为管理定义和科学定义,其中《湿地公约》的定义属于管理性质的定义,该定义虽然没有揭示出湿地的科学概念及其内涵的实质,但这个定义具有明显的边界,尤其是该定义具有法律约束力,在湿地的实践管理中易于操作。他指出湿地的科学定义为:“湿地是一类既不同于水体,又不同于陆地的特殊过渡类型生态系统,为水生生态系统界面与陆生生态系统界面相互延伸扩展的重叠空间区域”。同时,湿地应该具有3个明显特征:①湿地地表长期或季节性处在过湿或积水状态;②地表生长有湿生植物、沼生植物、浅水生植物(包括部分喜湿的盐生植物),且具有较高的生产力,生活着湿生动物、沼生动物、浅水生动物和适应该特殊环境的微生物群;③发育着水成或半水成土壤,并具有明显的潜育化过程。Mitsch 和 Gosselink(2000)认为由于研究者的认识和研究目的的不同,不同的研究者强调湿地生态系统的不同方面。湿地科学是在多种相关学科的基础上逐渐形成和发展起来的,其科学体系尚待完善,尤其是一些重要的湿地特征指标缺少长期的定点观测与研究,导致了目前研究者对湿地的认识仍不深入的状况。

也有学者指出,湿地由于没有明确的边界,从而导致认识的混乱(Zedler & Kercher 2005)。殷书柏和吕宪国(2006)指出,早期关于湿地定义的主要分歧表现在对湿地特征的不同关注方面,而目前有关湿地定义的分歧主要表现在对湿地边界标准的认识方面,现阶段对湿地边界的认识之所以比较困难,主要是因为湿地作为一种从水体到陆地的自然过渡地带,其水文、土壤和植被特征具有渐变性,同时具有季节性变化和年际的波动性。Zedler 和 Kercher(2005)认为需要在全球尺度和区域尺度两个方面认识湿地,在全球尺度上应该尽量统一湿地的概念。一个统一的湿地概念不仅有利于湿地科学的深入发展,而且有利于湿地分类、科学管理和合理利用。因此,应进一步明确湿地科学的研究对象和研究区域,并界定湿地的科学概念(殷书柏和吕宪国 2006;刘兴士等 2012)。

目前,多数湿地定义都包含以下两点共识:①作为一个自然综合体,湿地是处于水陆交界处的生态系统,包含水文、土壤和植被等3个基本特征;②湿地概念的内涵已从强调“水饱和的土地”逐渐转化为强调“湿地生态系统的生态过程和服务”,即水-土-生物三者之间存在着相互影响、相互制约的生态过程(Kennedy & Mayer 2002)。《湿地公约》曾指出湿地的

生态特征是“维系着湿地及其产品、功能和特性的湿地生态系统生物、物理和化学组分及其相互关系的总称”。随后,《湿地公约》于 2005 年重新将湿地生态特征的定义修改为“是反映湿地在某一特定时间的生态系统的组成、过程及服务的总称”(Millennium Ecosystem Assessment 2005)。

1.2 湿地类型及其分类系统

湿地分类是目前湿地科学研究中最为复杂的问题之一。由于湿地在地球表面的分布类型复杂多样,直到现在仍没有一个广为认同的分类原则和分类系统(Kennedy & Mayer 2002; Zedler & Kercher 2005; 崔丽娟等 2007; 刘兴土等 2012; Myers et al. 2013)。

湿地分类研究始于 20 世纪初欧洲和北美洲关于沼泽和泥炭地的分类。例如,将泥炭沼泽划分为低位(富营养)沼泽、中位(中营养)沼泽、高位(贫营养)沼泽(刘子刚和马学慧 2006)。早期开展的分类工作主要是在实地调研的基础上,结合湿地所处的地理位置、水体概况、水生生物和植被等特征进行描述性分类(Keiper et al. 2002)。

美国于 20 世纪 50 年代开展重要水禽研究时,曾采用 Martin 等(1953)的湿地分类系统,依据湿地所处的地理环境、植物的生活方式,以及水体的水深和含盐量等,将湿地分为内陆淡水湿地、内陆咸水湿地、海岸淡水湿地和海岸咸水湿地等 4 类,然后再按植被型、水深和淹水频率将每一类进一步划分为 20 种湿地类型(表 1-2),即“39 号通报”(Shaw & Fredine 1956)。该分类系统较充分地考虑了湿地的地貌、植被和水体,但只包括 4 个类,分类较简单。

表 1-2 美国“39 号通报”中的湿地分类系统(引自 Shaw & Fredine 1956)

湿地类	湿地型	特征描述
内陆淡水湿地	季节性洪泛区或平原	土壤被水淹没,但在生长季节大部分时间里排水良好,分布于低洼盆地或平地
	淡水草甸	生长季节无长期积水,表面淹水在几厘米之内
	浅水沼泽	生长季节土壤积水,水深一般为 15 cm 左右
	深水沼泽	土壤积水 15~100 cm
	淡水水体	水深<2 m
	灌丛沼泽	土壤积水,水深一般>15 cm
	木本沼泽	土壤积水,水深一般为 30 cm
	藓类沼泽	土壤积水,覆盖有海绵状苔藓
内陆咸水湿地	盐碱平地	大雨过后地表淹水,生长季节地表积水,水深在几厘米之内
	盐碱沼泽	生长季节土壤积水,水深一般为 70~100 cm,分布于浅水湖泊周围
	盐碱水体	长期被水淹没的地方,水深不稳定
海岸淡水湿地	浅水沼泽	生长季节土壤积水,高潮时水深为 15 cm,分布于潮汐性河流、海湾、三角洲深水沼泽,在向岸一侧
	深水沼泽	高潮时水深为 15~100 cm,沿潮汐性河流分布
	淡水水体	潮汐性河流和海湾浅水部分
海岸咸水湿地	盐滩	生长季节土壤淹水,且很有规律地被高潮海水淹没,向陆一侧分布有盐化草甸和盐沼
	盐化草甸	生长季节土壤淹水,几乎不被潮水淹没,分布在盐沼的向陆一侧
	不规则淹水盐沼	在生长季节不规则地被风暴潮淹没,沿海湾等岸边分布
	规律性淹水盐沼	平均高潮淹水>15 cm,沿开阔海洋和海湾分布
	海湾	平均低潮线以下的浅海
	红树林盐沼	平均高潮水深为 15~100 cm,土壤覆盖,沿佛罗里达南海岸分布

后来,美国鱼类及野生生物管理局基于湿地分类和制图的需要,于20世纪70年代重新开展全国湿地普查时,由Cowardin等(1979)构建了包括系(system)、亚系(subsystem)、类(class)、亚类(subclass)和优势型(dominant type)5个层次的湿地分类系统。其中,在系一级上,依据湿地所处地理环境和成因将湿地划分成海洋湿地、河口湿地、河流湿地、湖泊湿地和沼泽湿地5个系;亚系主要根据水文特征划分;在亚系之下为类,主要依据占优势的植被特征和基底组成等湿地外貌特征划分;亚类主要根据植被特征划分;然后用附加的优势种特征描述优势型。为了更好地描述有关生境的水模式、水化学、土壤特性和人为影响,该分类系统还含有水模式、水化学、土壤等修正因子,可用于湿地型以下的水平。该分类系统较全面且易于操作,因此使用范围较广,已成为美国湿地资源调查、登记和管理的基础。

Brinson(1993)依据湿地地貌、水文特征和水动力特征3个属性,提出了水文动力地貌学分类方法(hydrogeomorphic method, HGM)。根据湿地所处地理环境,将湿地地貌分成河流地貌、凹地貌、海岸地貌和泥炭湿地。水文特征中主要依据湿地水的补给源,将湿地水源补给划分为降水补给类、地表漫流补给类和地下水补给类。根据湿地水流强度和流向将水动力特征分成垂直起伏流、无定向的水平流和双向水平流。该分类系统被认为是一个定性定量、层次化与模块化相结合的分类系统,并且是一个基于湿地生态功能和生态过程的分类系统,能较好地反映湿地的水文与水动力特征,同时也能有效鉴别湿地景观的动态变化。

加拿大湿地类型相对简单,因此加拿大政府管理部门采用了一个相对简单的湿地分类系统。该分类系统包括类型组(class)、类型(form)、种类(type)等3级。其中,第一级类型组主要根据湿地起源来确定;第二级类型依据湿地形态学特征划分;第三级种类主要依据植被特征划分。该系统的湿地类型组包括:①藓类沼泽湿地;②草本沼泽湿地;③河漫滩和湖滨高草腐泥湿地;④森林沼泽湿地;⑤浅水湿地(Zoltai & Vitt 1995)。

《湿地公约》将湿地分为海洋和海岸湿地、内陆湿地和人工湿地3个大类,在每个大类下面又分别细分为若干小类,共计35种(陆健健等2006)。后来《湿地公约》又对原有湿地分类系统进行了修改,增加了一些类型,最终形成了一个包括12类海洋和海岸湿地、20类内陆湿地及10类人工湿地的湿地分类系统(表1-3),并指出该系统列出的类别仅提供一个很宽泛的框架,以便研究者和管理部门可以快速确定每个湿地代表的主要栖息地(唐小平和黄桂林2003;刘子刚和马学慧2008)。

表 1-3 《湿地公约》的分类系统(引自陆健健等 2006)

湿地类	湿地型	特征描述
海洋和海岸湿地	浅海水域	低潮时水位≤6 m 水域,包括海湾和海峡
	海草床	潮下藻类、海草、热带海草植物生长区
	珊瑚礁	珊瑚礁及其邻近水域
	岩石海岸	海岸岛礁与海边峭壁
	沙滩、砾石与卵石滩	滨海沙洲、沙岛、沙丘及丘间沼泽
	河口水域	河口水域和河口三角洲水域
	滩涂	潮间带泥滩、沙滩和海岸其他淡水沼泽
	盐沼	滨海盐沼、盐化草甸
	红树林沼泽	海岸咸水、淡水森林沼泽