

城市湿地生态服务功能探析

段汀龙

(内蒙古农业大学 林学院,呼和浩特 010018)

摘要: 根据国内现阶段对城市湿地的研究方法和成果,从城市湿地所提供的生态服务角度研究分析城市湿地生态服务功能。城市湿地具有完善人类栖息环境、调节城市地区小气候、调控城市生态系统物质循环、净化城市环境、重建城市空间格局、提供生态教育以及间接产生其他效益共7种生态服务功能。正确认识城市湿地的生态服务功能对于合理利用湿地资源、维护自然生态系统的稳定、指导城市的可持续发展规划等具有重要的意义。

关键词: 城市湿地;生态服务;功能效益

中图分类号: F292

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2014)01-0117-05

湿地以其具有的不可替代的生态服务功能而享有“地球之肾”的美誉,作为“城市之肾”的城市湿地对于城市的重要性堪比湿地之于地球。近些年来城市大规模扩张而导致的城市湿地的退化和消失已经引起了诸如城市环境质量恶化等世界性城市通病,引起了人类的反思。人们开始重新与全面认识被忽略的城市湿地所发挥的功能效益及其重要性,而城市湿地发挥的功能效益及其重要性主要体现在其所提供的生态服务功能之中。

1 概述

1.1 湿地

湿地是介于陆生与水生生态系统间的过渡性地带,与海洋、森林并称为地球三大生态系统,具有分布广泛、类型繁多、功能多样、物种丰富以及抵抗力稳定性强等特点。湿地为地球上20%的已知物种提供生存所需的物质环境,虽然在世界各地分布广泛但其总面积仅占到地球陆地面积的4%~6%;我国湿地面积占世界湿地总面积的1/10,但其占国土面积的比例仅为3.77%,远低于世界平均水平8.6%^[1]。湿地类型较多,大致可分为自然与人工湿地两大类,具有众多不可替代的生态功能,被誉为“地球之肾”。由于湿地物种多样性丰富,具备较强的抵抗外界干扰与破坏的能力,但同时也具有被破坏后较难恢复其生态完整性的特点。

1.2 城市湿地

自然湿地是城市湿地存在的基础。目前对于城市湿地还没有严格意义上的界定。综合对城市湿地的研究成果,本研究认为城市湿地是指城市区域之内的海岸与河口、河岸、浅水湖沼、水源保护区、自然和人工池塘以及污水处理厂等具有水陆过渡性质的生态系统。根据我国各地城市绿地系统规划,各城镇正逐步开展将各

自城镇区域内适宜做天然公园的自然湿地纳入城市湿地公园范畴的行动,一些具有一定面积规模和代表性的城市湿地通过审批程序成为了国家城市湿地公园,截止2012年底,我国的国家城市湿地公园总数已达45个^[2]。

将城市湿地从传统湿地的概念中单独提出,意味着国家对城市湿地的重视,同时也急需引入一些相关领域新的研究方向和研究方法。

1.3 生态服务

生态服务泛指人类从生态系统中获取的所有惠益的总和,其体现在生态系统为人类社会提供的物质产品与文化服务两个方面^[3]。物质产品包括食物、氧气与水等对人类有价值的物品,而文化服务则包括人类从中得到的精神启发、文化享受以及其他社会经济效益等。

2 城市湿地的生态服务功能

2.1 为湿地物种提供栖息地,完善人类栖息环境

中国是世界上湿地资源最为丰富的国家之一,自1992年加入《湿地公约》起至2008年5月5日,已被列入国际重要湿地名录的湿地总面积达316.821万hm²^[4]。湿地环境中物种极为丰富,仅在中国,记载的湿地植物有2760余种,而湿地动物也有1500种左右,其中不乏对某些领域具有重大科研价值与经济效益的物种,如阳澄西湖的渔业资源带来的收益约为1001.3万元^[5],而为这些湿地物种提供一个优质的栖息场所是维系自然生态系统健全平衡的基本前提条件。研究表明,物种多样性与栖息地面积间存在着幂指数关系^[6]: $S = cA^z$ 。式中: A 为栖息地面积; S 为物种数; c, z 为常数。

城市湿地空间形态有深潭、浅滩、沙洲,为生物多样性提供了宜居的生存环境^[7]。湿地岸线有凹有凸呈曲线,且常与自然河道连为一体,和湿地中的树木和其他植被共同作用减缓洪水的流速,加之湿地本身的蓄水功能(1hm²湿地通常能存储大约9354t水^[8]),城市湿地可明显减轻洪水对城市地区的破坏力,且其调蓄洪水的能力可通过对其水文调节效应进行价值评价表现出来,

收稿日期: 2013-09-30; 修回日期: 2013-12-20
作者简介: 段汀龙(1989-),男,河南平顶山市人,硕士研究生,主要从事城市规划研究,(E-mail) dlt1989@163.com。

如洞庭湖调蓄洪水价值为 107.44 亿元/a^[9]。城市湿地不仅可以为自然界物种提供一个品质优良、种类丰富的栖息场所,同时也可满足人类休憩旅游等需求,是保障人类栖息环境安全、健康的重要组成部分。

随着城市的日益扩张,建筑用地面积不断扩大,天然的自然栖息场所的空间严重萎缩。城市中的湿地是伴随城市化进程中受人类活动影响退化最快的土地类型之一^[10]。20 世纪 50—80 年代,我国天然湖泊由 2 800 个下降到 2 350 个,面积减少了 11%^[11],这些退化大多数是由城市扩张活动所致。我国第五大淡水湖巢湖,20 世纪初其湖面面积为 800 km²,但在 1955—1985 年间,湿地面积急剧萎缩,30 年内减少了近 200 km²^[12]。不断扩张的城市与自然空间的竞争日趋激烈,二者的博弈或走向两败俱伤或走向互利共生,而身处城市范围内的城市湿地或许是二者走向互利共生关系的重要维系场所。

2.2 调节城市地区小气候

城市湿地对周边环境影响的数值试验表明,城市湿地对一定半径范围内的小气候具有明显调节作用,典型城市湿地的最大调节距离平均为 267.34 m^[13-14]。这种对小气候的调节作用主要以热调节作用为驱动力,其结果主要表现为区域内温度和风速的差别。总体来看,湿地热调节作用的强弱主要取决于湿地面积的大小。

城市湿地的土壤长期处于积水或过湿状态,由于水的比热容较大,因而受城市湿地影响的附近环境温度的改变幅度较无水的地表小。白天沿海地区比内陆地区升温慢,夜晚沿海温度降低少;一天中沿海地区温度变化小,内陆温度变化大;夏季内陆比沿海炎热,冬季内陆比沿海寒冷。这种现象正是由于水与陆地之间物质属性中比热容的差异导致的,不仅体现了城市湿地的调节原理,同时体现了城市湿地生态系统调节小气候的服务价值。比如,深圳市西丽水库在炎热夏天的降温作用的服务价值折算为 5 441.83 万元/a^[15],凸显了城市湿地对降低夏季因炎热运转空调所耗电能的贡献。

由于城市湿地大量存在的水蕴含着巨大的热容量,城市湿地与建筑密集区近地层气温形成温差,温差形成空气密度差,因此形成城市内部地区间的风环境。城市湿地对内部风环境具有重要调节作用,且城市湿地空间相比于建筑密集区较为开阔,对气流的阻碍作用小。这种局部风环境有助于促进湿地环境与建筑密集区之间的空气对流交换,提高建筑密集区内空气含氧量,净化空气中细菌数量。根据各城市的具体情况对城市湿地的优化有利于湿地—风环境—城市生态系统的完善^[16]。此外,通常相同面积的城市湿地蒸发量是水体水面的 2~3 倍,从而提高空气湿度,增加人们舒适度,同时有助于补充当地的降雨量等。

2.3 调控城市生态系统中碳、氮等物质循环

城市生态系统是受人类活动干扰最强烈的地区,已经演化成为一种高度人工化的自然—社会—经济复合的

生态系统。由于城市的物质空间构成与自然界有很大区别,如城市普遍面貌之一——大量存在的覆盖地表的建筑物和道路及硬质铺装层,打破了自然环境中土壤原本作为物质循环重要媒介的基本结构,造成城市生态系统中碳、氮等物质循环的断裂与不畅,而城市湿地的存在有助于弥补这些断裂与不畅。

2.3.1 固碳作用。全球湿地面积之和仅占地球陆地面积的 4%~6%,但却是全世界最大的碳库,湿地生态系统储碳量占陆地土壤碳库的 18%~30%^[17],且具有持续的固碳能力,如水库湿地系统的固碳速率为 400 g/(m²·a),每年可为全球固碳 1.6 亿 t^[18]。在城市湿地系统内,植物的生长与衰亡产生了物质交换与循环,而湿地土壤作为物质交换与循环的媒介则积累了大量的有机碳与无机碳^[19]。由于湿地土壤富含大量有机残体、甲烷和氢等还原性物质,使其地表环境表现为还原环境,微生物的分解活动较弱,表现为土壤中有机残体和释放 CO₂ 的速度较慢。湿地中土壤通过长期对碳的积累形成有机质丰富的湿地土壤层和泥炭层,起到了固碳作用。城市湿地内植物可大量截留空气中的 CO₂,如过去 6 000 a 里泥炭湿地通过截留共使大气中的 CO₂ 浓度降低 5 × 10⁻⁵ g/m³^[20]。植物通过光合作用将外界的 CO₂ 转化为自身的生物量,则是城市湿地生态系统中固碳的最主要途径,植物每生产 1 g 的生物量,可以吸收固定 1.63 g 的 CO₂ 和释放 1.19 g 的 O₂^[21]。通过计算出植物固定 CO₂ 的总量后经过折算得出总固碳量,再与碳税率相乘即可得到城市湿地中植物固定 CO₂ 的总经济价值(如使用瑞典碳税率 150 \$/t 时,洞庭湖湿地植物的固碳价值为 14.31 亿元/a)。同时湿地植物固定 CO₂ 时产生的 O₂ 对提高城市空气的含氧量也具有重要作用,这在高海拔的拉萨市内表现得尤为明显。在拉萨市 O₂ 的重要补给源拉鲁湿地范围内的植物每年可吸收 1.52 万~3.54 万 t 的 CO₂,产生 1.11 万~2.58 万 t 的 O₂^[22]。芦苇是湿地中最常见的水生挺水植物之一,生长较好的芦苇生物量可达 20~40 t/hm²^[23],且固碳能力较强,是陆地植被平均固碳能力的 2.3~4.9 倍。此外城市湿地的水底、污泥中还分布着光合细菌,据分析 1 g 污泥里含有 105 个光合细菌^[24],它们将 CO₂ 还原为营养进行生长,但固碳总量较小,在城市湿地固碳作用中起到一小部分作用。不同类型的湿地固碳能力差异较大正是由营养物质转化和有机物分解的速率和过程不尽相同所致^[25]。

2.3.2 氮降解作用。在城市湿地中存在着大量参与不同形态氮转化的微生物,这些微生物主要来源于土壤、空气、污水或死亡腐败的动植物尸体等环境中。虽然城市湿地内植物也可直接摄取废水中的氨氮并通过合成蛋白质和有机氮来将其转化为自身的生物量,但植物的摄入量有限,氮降解作用微小。实验表明,通过植物吸收降解氮量只占 4%~11%^[26]。湿地微生物是湿地环

境中氮降解的主力军,湿地植物为其提供着良好的微生态环境。微生物对氮的硝化与反硝化过程是城市湿地系统中氮降解的主要途径,占湿地环境中总降解氮量的89%~96%,微生物中一部分固氮菌将大气中的氮还原为氨来完成固氮作用。同时城市湿地还可对城市空气中氮氧化合物(如 NO_2)和水体中的有毒物质(如亚硝酸根离子)的消除起着积极作用。

2.3.3 碳循环与氮循环。城市湿地通过湿地植物从大气中获取大量 CO_2 以及湿地中有机质的不完全分解产生的碳和营养物质的积累等固碳作用使城市湿地成为城市地区的重要碳汇^[27],其中部分碳又通过分解和呼吸作用以 CO_2 和 CH_4 的形式排放到大气中,实现城市湿地碳循环过程。微生物通过矿化作用将含氮有机化合物如动植物死亡后体内的氨基酸和水体中的含氮有机物转化为可溶性无机氮,并被植物所吸收。植物再将吸收来的可溶性无机氮通过植物体内几种重要酶的参与下实现氮同化过程,来合成氨基酸和蛋白质等有机氮化合物^[28]。动物通过捕食植物,完成有机氮从植物到动物间的转移,动植物死亡后沉积在湿地土壤中的有机残体被微生物分解为无机氮并参与到下一次的氮循环过程中。

2.4 净化城市环境

2.4.1 对含氮、磷污水的净化作用。城市生活着大量人口,同时伴随着大量生活污水的产生,虽有市政管网收集生活污水,但仍有一部分生活污水未能被收集处理而汇入到城市内地势低洼之处。中国城镇生活污水排放量为330.0亿t,直接排入当地水库、湖泊、河流等水体中的农业与生活污水高达95%^[29],这些生活污水最大的特点就是氮、磷含量较高。湿地微生物对湿地环境中氮污染物具有高效去除功能,效率高达70%~90%^[30]。城市湿地中土壤湿度大,通气性差,这种土壤环境下微生物的反硝化作用较为强势,反硝化作用主要表现为将处于氧化态的氮化物转化为如氮气等气体释放或用于生物自身合成蛋白质。城市湿地对磷的净化主要通过土壤本身的吸附、沉淀和固定等作用将磷吸附于土壤颗粒之中,其余约5%的部分能被湿地植物吸收利用^[31]。以上净化作用对缓解城市水体富营养化以及对城市地表和地下水水质安全起到一定的保障作用。

2.4.2 对石油等有机污染物的净化作用。石油型资源城市在石油的大规模开发过程中散失于地面的原油会造成土壤性质发生改变,引起城市生态系统的严重破坏。芦苇湿地对矿物油的净化率高达88%~90%^[32],对开采过程中落于地面的原油具有良好的净化效果。

2.4.3 其他净化城市环境的方式。湿地水体可溶解空气中一些可溶性有害气体;湿地植物本身可吸收有害气体,如杭州西湖湿地每年吸收 SO_2 的总量为621.7t^[33];湿地植物本身可吸附转化空气中的尘埃及有害气体,如拉萨拉鲁湿地每年可吸附拉萨市区环境空气中的尘埃总量达5475t;湿地土壤对泥炭、灰尘等污染颗粒还有

一定的沉淀作用。

2.5 重建城市传统物质空间格局

城市湿地具有丰富的平面与立体相结合的水体空间以及各种丰富的水生植物、昆虫、鱼类及鸟类,这些都是充满灵韵的自然对人类的馈赠。它们的存在尽显自然界轮回罔替、生生不息的自然韵律。城市湿地构成了城市景观中的斑块和廊道^[34],随着近些年越来越多城市湿地的出现,曾经独立存在于城市区域内的城市绿地系统固有的斑块结构(如传统的封闭管理模式下的公园)和廊道结构(如沿河湿地、绿带)的边界被逐步打破,城市湿地正在积极参与和城市其他功能区物质空间之间的互融进程以及对新型城市物质空间格局的构建过程。

近些年来我国各地区展开了对城市湿地的生态恢复实践活动。在活动过程中,对城市湿地内部的恢复采用了传统生态学景观学相融合的方法,在对城市湿地内物种进行合理配置的同时也对其内部景观要素的空间构成进行合理定向的组织,使之不仅满足生态系统基本功能同时又具有审美等文化艺术品质。通过将关于城市湿地内部生态恢复过程中得出的经验与传统的城市规划学科相结合,如把生态学中斑块、廊道等思想与模式延伸至城市湿地空间以外的整个城市规划领域当中,在完善城市生态系统的同时创造出生态化的景观效果,具有多重积极意义。

人类天然就带有亲近自然的遗传属性,一个亲民的城市湿地不仅吸引着人们置身其中感受自然的美好,缓解由于快节奏的城市生活带来的身心压力,还能激发人们对自然依赖的感情,这种感情通过诗歌、绘画等文学艺术形式表达出来,丰富了市民精神文化生活,如在著名的杭州西湖湿地中,休闲旅游价值占其生态系统服务总价值的99.431%^[35],远超其他直接使用功能价值,可见西湖湿地主要提供文化旅游方面的服务价值。

2.6 为公众提供生态教育场所

一种利益的快速发展往往伴随着以另一部分利益的牺牲与妥协。随着全球化进程的加快,湿地遭到人为破坏的因素增多,湿地面积减少、功能退化等环境问题日益凸显^[36],如天津滨海新区湿地2005年总平均生物量相比1983年时减少了13.01g/m²,物种减少58种^[37],由此导致了一系列的社会负面影响,湿地的保护与恢复成为了一个社会热点问题^[38]。在这样的背景下,我国在全民湿地生态教育方面存在很大的欠缺。城市湿地在提供上述5种生态服务功能的同时还是一个对公众进行生态教育的天然的良好场所。

城市湿地较为便捷的可达性能够吸引更多的公众深入其中游览、休憩,人们可以更加直观地观察湿地中丰富的动植物群落和珍贵的濒危物种,体验城市湿地这一小型生态系统。这种方式的生态教育不仅能普及人们有关湿地动植物的基本常识,增强人们对城市环境的保护意识,还能引发公众在观察与体验湿地之后产生的

关于湿地带给人类的经济与社会效益的思考。

通过对公众的生态教育,使社会形成一种新的生态自然观、生态价值观,对实现人类—社会—自然和谐发展、构建和谐社会、促进生态文明建设具有重要意义。

2.7 间接产生其他效益

城市湿地不仅有助于其功能辐射范围内环境质量本身的改善,还会间接产生其他效益。一片优质的城市湿地带来的不只是一个或几个街区土地升值,而且会带动整个区域土地价值提高以及随之而来产生的一系列的经济与社会效益。近几年国内各大地产公司纷纷主攻以打造高品质宜居环境为主题的开发模式,其中有很多案例是利用靠近城市中湿地的区位优势或人造湿地的方法来提升开发地块的品质,这不仅引导着地产行业内部的发展趋势,同时也让人们在选择居住地时更看重周边的生态环境,更注重生活品质的提高。此外,城市湿地对空气过滤可减低居民患呼吸道疾病的概率,减轻医疗负担,提高居民健康水平与人口平均寿命;对水体的净化不仅可减轻市政系统的压力,与新技术相结合还可参与到新型水循环模式的过程中等等,城市湿地间接带给整个社会的效益是不可估量的。

由于缺乏对自然环境的足够重视,我国大多数城市湿地发生退化或呈现出退化的趋势,自净和更新能力越来越差,生态服务功能逐渐衰退。被誉为云贵高原明珠的昆明滇池由于环境污染等因素导致的湿地退化已成为昆明市可持续发展的最大制约因素,滇池每年入湖污染负荷量超出其允许纳污量上限值的 2~3 倍,据测算滇池积累的总氮、磷量分别达13.04万,5.28 万 t^[39]。想要改变这一现状除了增强对环境的重视程度外更需要的是加强对城市湿地领域科学、系统的研究。

3 结语

目前,我国对城市湿地方面的研究逐渐丰富起来,一批有代表的城市湿地陆续被辟为城市湿地公园,这些都表明了政府对生态领域的重视与决心,但是这种具有代表性城市湿地公园的研究与实施方法大多停留在注重表层之上,过于强调城市湿地空间形态的塑造和规划而使得生态恢复的方法与实践显现的较为空洞,使得城市湿地的属性更偏重于城市公园,或是一个城市的形象工程和决策者的惠民政绩。很多这样的城市湿地公园建成后往往面临生物多样性不足、生态功能退化等问题。此外,在城市湿地生态服务功能的基础上间接产生的其他效益应打破传统的对经济、社会、环境等领域所产生效益分别进行评估的价值评价体系,以系统的原则对其开展深入的研究与实践。这些深层次的研究方向和实施方法应成为以后工作的重点。

加大城市湿地的恢复、保护和管理力度,充分发挥城市湿地所提供的生态服务功能,绝不是将工作理论与方法局限于城市湿地本身。要保障这些生态服务功能

持续稳健地发挥其功效,不仅需要完善相关法规制度、落实政策措施和加大投入等,还需要通过统筹城市这个有机整体中的各个领域与环节,构建城市湿地系统与城市中其他系统之间新型的密切合作关系,互相协作,互利共赢,共同实现城市生态系统的良性循环,造福人类。

参考文献:

[1] 王建华,吕宪国. 城市湿地概念和功能及中国城市湿地保护[J]. 生态学杂志,2007,26(4):555-560.

[2] 维基百科. 国家城市湿地公园列表[EB/OL]. (2013-02-24)[2013-04-26]. <http://zh.wikipedia.org/zh/中华人民共和国国家城市湿地公园列表>.

[3] 冉涛,黄浩波,丁佳佳. 生态服务定义及其分类体系的探讨[J]. 三峡环境与生态,2012,34(5):28-31.

[4] 维基百科. 国际重要湿地名录[EB/OL]. (2013-03-21)[2013-04-26]. <http://zh.wikipedia.org/wiki/国际重要湿地名录>.

[5] 张锋,李自珍,惠苍. 中国湿地物种多样性与生境面积关系及其生态学机理的模拟研究[J]. 西北植物学报,2004,24(3):392-396.

[6] 施陈江,蔡春芳,徐升宝,等. 阳澄西湖围养滤食性鱼类的生态效益、经济效益跟踪调查[J]. 安徽农业科学,2011,39(7):4024-4026.

[7] 俞孔坚. 城市景观作为生命系统——上海世博后滩公园[J]. 建筑学报,2010(7):30-35.

[8] 马广岳. 利用湿地减少洪灾损失[N]. 黄河报,2010-06-10(003).

[9] 张运,尹少华. 洞庭湖湿地生态系统服务功能效益分析[J]. 中国农学通报,2012,28(8):276-281.

[10] 闫长平,马延吉. 人类产业活动对湿地环境的影响研究进展[J]. 湿地科学,2010,8(1):98-104.

[11] 傅国斌,李克让. 全球变暖与湿地生态系统的研究进展[J]. 地理研究,2001,20(1):120-128.

[12] 陈要平,严家平. 巢湖湿地功能与保护策略探讨[J]. 安徽农学通报,2008,14(15):75-76,110.

[13] 马艳,郝燕,黄容. 青岛环胶州湾生态湿地对局地气候环境影响的数值试验[C]//中国气象学会. 第26届中国气象学会年会论文集. 北京:中国气象学会,2009:969-980.

[14] 侯鹏,蒋卫国,曹广真. 城市湿地热环境调节功能的定量研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(3):191-196.

[15] 韩慧丽,靖元孝,杨丹菁,等. 水库生态系统调节小气候及净化空气细菌的服务功能——以深圳梅林水库和西丽水库为例[J]. 生态学报,2008,28(8):3553-3562.

[16] 李聘,余庄. 武汉地区风环境影响下湿地调温作用的模拟分析[J]. 资源科学,2006,28(6):51-59.

[17] Trettin C C, Jurgensen M F. Carbon Cycling in Wetland Forest Soils[M]//Kimble J M, Heath L S, Birdsey R A,

- et al.* The Potential of U. S. Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Florida: CRC Press, 2003: 311 – 331.
- [18] Dean W E, Gorham E. Magnitude and Significance of Carbon Burial in Lakes, Reservoirs and Peatlands [J]. *Geology*, 1998, 26(6): 535 – 538.
- [19] 王红丽, 李艳丽, 张文佳, 等. 湿地土壤在湿地环境功能中的角色与作用 [J]. *环境科学与技术*, 2008, 31(9): 62 – 66.
- [20] Franzen L G, Chen D L, Klinger L F. Principles for A Climate Regulation Mechanism during the Late Phanerozoic Era Based on Carbon Fixation in Peat-Forming Wetlands [J]. *Ambio*, 1996, 25(7): 435 – 442.
- [21] 杨一鹏, 曹广真, 侯鹏, 等. 城市湿地气候调节功能遥感监测评估 [J]. *地理研究*, 2013, 32(1): 73 – 80.
- [22] 王元红. 呵护“拉萨之肺” [N]. *中国气象报*, 2010 – 02 – 08(003).
- [23] 田文达. 芦苇湿地与环境 [J]. *现代农业科技*, 2007(23): 213 – 214.
- [24] 李彦芹, 阚振荣, 穆淑梅, 等. 光合细菌研究进展 [J]. *河北大学学报(自然科学版)*, 2005, 25(5): 554 – 560.
- [25] 宋洪涛, 崔丽娟, 栾军伟, 等. 湿地固碳功能与潜力 [J]. *世界林业研究*, 2011, 24(6): 6 – 11.
- [26] Lin Yingfeng, Jing Shuhren, Wang Tzewen, *et al.* Effects of Macrophytes and External Carbon Sources on Nitrate Removal from Groundwater in Constructed Wetlands [J]. *Environmental Pollution*, 2002, 119(3): 413 – 420.
- [27] 全川, 曾从盛. 湿地生态系统碳循环过程及碳动态模型 [J]. *亚热带资源与环境学报*, 2006, 1(1): 84 – 92.
- [28] 李春艳, 王继华, 华德尊, 等. 湿地微生物在城市湿地氮循环系统的效应研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2008, 3(30): 278 – 281.
- [29] 杜刚, 黄磊, 高旭, 等. 人工湿地中微生物数量与污染物去除的关系 [J]. *湿地科学*, 2013, 11(1): 13 – 20.
- [30] Gilliam J W. Riparian Wetlands and Water Quality [J]. *Journal of Environmental Quality*, 1994, 23(5): 896 – 900.
- [31] Mcjannet C L, Keddy P A, Pick F R. Nitrogen and Phosphorus Tissue Concentrations in 41 Wetland Plants: A Comparison across Habitats and Functional Groups [J]. *Functional Ecology*, 1995, 9(2): 231 – 238.
- [32] 籍国东, 孙铁珩, 隋欣, 等. 落地原油对芦苇湿地生态工程净化系统影响 [J]. *生态学报*, 2002, 22(5): 649 – 654.
- [33] 陈波, 卢山. 杭州西湖风景区绿地生态服务功能价值评估 [J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2009, 35(6): 686 – 690.
- [34] 孙广友, 王海霞, 于少鹏. 城市湿地研究进展 [J]. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 94 – 100.
- [35] 徐洪赵, 鵬大武, 俊梅, 等. 杭州西湖生态系统服务价值评估 [J]. *水科学进展*, 2013, 24(3): 436 – 441.
- [36] 崔娜娜, 周申立, 李传永. 关于湿地生态教育的探讨 [J]. *中国地质教育*, 2006(9): 69 – 71.
- [37] 肖庆聪, 魏源送, 王亚伟, 等. 天津滨海新区湿地退化驱动因素分析 [J]. *环境科学学报*, 2012, 32(2): 480 – 488.
- [38] 汤蕾, 许东. 辽河三角洲湿地资源景观特征评价及生态旅游开发 [J]. *地域研究与开发*, 2007, 26(1): 72 – 75.
- [39] 李亚, 郭涛. 滇池水环境治理与保护规划研究 [C]//中国城市规划学会. 多元与包容——2012 中国城市规划年会论文集. 昆明: 云南科学技术出版社, 2010: 886 – 894.

Research on Ecosystem Services of Urban Wetlands

Duan Tinglong

(Forestry College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: According to the urban wetland research methods and results of the domestic stage, from the perspective of ecosystem services urban wetland provides, urban wetland has perfected human habitat, regulated urban areas microclimate, regulated urban ecosystem material circulation, purified the urban environment, reconstructed urban spatial structure, provided ecological education and indirectly produced other benefits. Correct understanding of these types of urban wetland ecosystem services will help the rational use of wetland resources, maintain the stability of natural ecosystems, and to guide the sustainable development planning of cities.

Key words: urban wetland; ecosystem services; functions and benefits