DOI:10.15928/j.1674-3075.2016.01.005

吉林省湿地生态系统水质净化功能分析及其价值评价

赵欣胜[1,2],崔丽娟[1,2],李伟[1,2],康晓明[1,2],雷茵茹[1,2],马琼芳[3],孙宝娣[1,2],于菁菁[1,2]

(1. 中国林业科学研究院湿地研究所,北京 100091; 2. 湿地生态功能与恢复北京市重点实验室,北京 100091; 3. 吉林省林业科学研究院吉林省,长春 130033)

摘要:湿地作为全球三大生态系统之一,具有重要的生态系统服务功能,其中水质净化功能可有效改善区域生态环境质量。通过集成目前已有的湿地净化价值计算方法,提出了替代法计算吉林省湿地水质净化价值。结果表明,吉林省湿地的水质净化总价值为44.2188亿元,各市县水质净化总价值排序为:延边市(15.0982亿元,34.14%)>松原市(11.6017亿元,26.24%)>白城市(9.0938亿元,20.56%)>长春市(4.2491亿元,9.61%)>吉林市(1.0255亿元,2.32%)>通化市(0.9898亿元,2.24%)>白山市(0.8951亿元,2.02%)>辽源市(0.7685亿元,1.74%)>四平市(0.4973亿元,1.12%);各种类型湿地水质净化总价值排序为:沼泽湿地(25.0671亿元,56.69%)>湖泊湿地(10.2821亿元,23.25%)>河流湿地(7.7033亿元,17.42%)>人工湿地(1.1662亿元,2.64%);单位面积水质净化价值以松原市最大,四平市最小;人均占有水质净化价值以延边市最高,四平市最低;不同湿地类型的单位面积水质净化价值差异较大,最高的能够达到3.1741万元/km^2(延边市沼泽湿地类型),最低的不足0.0001万元/km^2(辽源市沼泽湿地类型);不同湿地类型的人均水质净化价值最高的能够达到0.0447万元/人(白城市湖泊湿地),最低的不足0.0001万元/人(辽源市和松原市沼泽湿地类型)。研究成果能够为吉林省的湿地保护与恢复以及合理利用提供科学依据,也能为吉林省社会经济与生态环境的协调发展提供技术参考。

关键词:湿地生态系统;水质净化;价值评价;吉林

中图分类号:X826 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2016)01-0031-08

作为全球三大生态系统之一的湿地具有重要的生态系统服务功能,如水质净化、涵养水资源、调节气候、维持生物多样性等(赵士洞和张永民,2004;崔丽娟等,2011)。湿地因其可以沉淀、排除、吸收和降解有毒物质而被誉为"地球之肾"。湿地生态系统服务功能一般被定义为发生在湿地中的各种过程及其表现形式和作用结果(Costanza et al,1997;Bolund & Hunhammar,1999)。湿地生态系统服务是联合国千年生态评估(MA)的主要内容,在评价生态系统管理与可持续发展生态学研究中处于非常重要的地位(陈仲新和张新时,2000)。

国内外对于湿地生态系统服务功能的研究在20世纪90年代后取得了快速发展,在全球或区域湿地生态系统服务价值、流域尺度湿地生态系统价值、单个湿地类型价值评估等方面开展了大量研究工作,形成了较为成熟湿地价值核算方法(崔丽娟等,2006;陈丹等,2006;白军红等,2010;甘泓等,2012;郭文献等,2013;沈范珠和赵大生,2013;王彦君等,2015)。湿地的水质净化功能主要是由于地表水流低速流经湿地过程中,多种植物、微生物和细菌实现对污染物的沉积、分解或转化,从而实现了水质净化(白军红等,2001;白军红等,2010);滞留和降解污染物、净化水质是湿地的一项重要服务功能,也是湿地生态服务研究中的热点和焦点(Costanza et al,1997;Bolund & Hunhammar,1999;陈仲新和张新时,2000;陈丹等,2006;崔丽娟等,2011;沈范珠和赵大生,2013)。

吉林省的湿地资源较为丰富,据2009年第2次湿地资源调查统计,全省共有各类湿地面积约172.8万hm^2。丰富的湿地资源对维持吉林省生态系统功能具有重要价值。目前,吉林湿地的研究主要是关注其分布特点、退化现状、生物多样性等方面(白军红等,2001;赵同谦等,2003;陈云浩等,2012;叶华香等,2013);虽然对吉林省湿地价值核算已经有文章阐述,但针对湿地水质净化功能的分析还不

收稿日期:2015-03-10

基金项目:吉林省林业厅项目"吉林省湿地生态系统服务功能价值评价"(2013-020);国家自然科学基金项目(50809005)。

作者简介:赵欣胜,1973年生,男,博士,助理研究员,研究方向为湿地生态学。E-mail:surezx4@163.com

通信作者:李伟,1981年生,男,副研究员,主要从事湿地生态学研究。E-mail:wetlands207@163.com

够深入,更缺少从整体区域角度进行探讨。因此,本文通过集成目前已有的湿地净化价值计算方法,核算吉林省湿地对总氮(TN)和总磷(TP)的去除能力,反映其水质净化功能与价值,并通过与国内其他学者所计算的水质净化价值进行比较分析,阐述本文的计算合理性,旨在为湿地保护与合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 区域概况

1.1.1 自然概况 吉林省位于我国东北地区中部(40°52′~46°18′N,121°38′~131°19′E),东西最长约750 km,南北最宽约600 km,总面积18.74万 km^2;气候湿润多雨,西部远离海洋而接近干燥的蒙古高原,气候干燥,全省具有显著的温带大陆性季风气候特点,并有明显的四季更替。大部分地区年均气温为3~5℃,全年日照2 200~3 000 h,年活动积温平均在2 700~3 600℃,年降水量在550~910 mm,无霜期120~160 d,具有雨热同季的特点,对各种农作物生长十分有利。初霜期在9月下旬,终霜在4月末至5月初。

1.1.2 湿地概况 吉林省湿地总面积1 728 465.4 hm^2,分为4类、16型(图1);其中,河流湿地面积251 109.9 hm^2,包括永久性河流、季节性河流、洪泛平原湿地3型,占总面积的15%;湖泊湿地面积112 135.6 hm^2,包括永久性淡水湖、永久性咸水湖、季节性咸水湖3型,占6%;沼泽湿地面积527 086.2 hm^2,包括草本沼泽、灌丛沼泽、森林沼泽、内陆盐沼、季节性咸水沼泽、沼泽化草甸6型,占30%;人工湿地面积838 133.7 hm^2,包括库塘、输水河、水产养殖场、稻田4型,占49%。

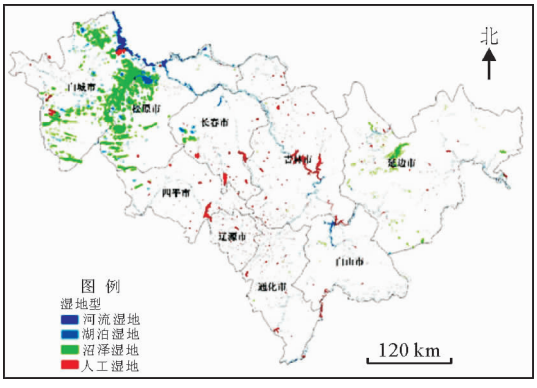


图1 吉林省的湿地分布

Fig 1 Distribution of wetlands in Jilin Province

1.2 研究方法

1.2.1 水质净化功能计算对象选择 本文数据主要来自2013年吉林省水资源公报、吉林省2013年环境状况公报、2013年全国主要流域重点断面水质自动监测周报、DEM提取的水体指数(即NDWI指数,用遥感影像的特定波段进行归一化差值处理,以显示影像中的水体信息)和野外实测的水质和水深数据。用水价格来自2013年吉林省统计年鉴。湿地调蓄洪水贡献率空间布局采用的网格划分距离为70 000 km(陈云浩等,2012)。

1.2.2 计算模型 本文采用替代法计算水质净化价值(陈云浩等,2012),即采用工业的方法去除总氮(TN)和总磷(TP)的费用来衡量湿地的水质净化价值(表1)。计算公式如下:

$$V = V_N + V_P = \Delta Q_N \times \alpha_N + \Delta Q_P \times \alpha_P$$

式中:V_N 为净化总氮的价值(万元);V_P 为净化总磷的价值(万元);ΔQ_N 为总氮被净化的总量(t);ΔQ_P 为总磷被净化的总量(t);α_N、α_P 为单位污染物的净化价值(万元/t)。

根据现有文献(赵同谦等,2003;陈云浩等,2012;沈范珠和赵大生,2013),2003年的 α_N 和 α_P 分别2.66万元/t和55.86万元/t,对比2003年与2013年的居民消费价格指数即CPI(Consumer Price Index)变化,将2003年的去除污染物单位价值转换为2013年的价值,分别为总氮3.57万元/t、总磷75.07万元/t。每个湿地类型先根据其水质净化价值计算出此类湿地单位体积的水质净化价值,再乘以湿地的水量得出(表2)。

沼泽湿地的降解污染价值采用Costanza等(1997)的研究成果,即沼泽湿地生态系统降解污染功能的单位面积价值为1 659 \$/(hm^2 · a),根据CPI指数变化,本文采用换算后的2013年2 987 \$/(hm^2 · a)作为除污染物投资额(2013年1美元约合人民币6.20元)。

对于单位体积的水质净化价值,其基本思路是按照吉林省各湿地按水质功能分类,针对不同水质功能的水体计算其净化系数;结合利用水质净化价值计算出的单位体积水体价值,计算出不同湿地类型、不同水质功能湿地水体的单位净化价值;依据吉林省环保局公布的水质报告,将研究区的河流和水库按照水质进行分类并分别进行计算,进而得出吉林省各湿地水质净化价值。

表 1　吉林省湿地水质净化价值计算说明

Tab 1　Inventory and description of Jilin Province wetlands for valuation of the water purification function

	湿地类型	面积/hm²	是否计算	计算说明
河流	永久性河流	193782.9	√	河流具有一定的自净功能,主要包括稀释污染物、沉淀悬浮物、使微生物衰减等,基于河流采样数据,计算其水质净化价值。由于洪泛平原湿地属于水位周期性变化,难以测算水质净化价值,因此不列为计算对象。
	季节性或间歇性河流	7460.5	√	
	洪泛平原	49866.5	×	
湖泊	永久性淡水湖	53712.6	√	湖泊内部具有一定的净化作用,如对污染物的稀释及对悬浮物的沉淀;湖泊浅水区及其岸带一般分布有沉水植物和挺水植物,具有较强的净化效果。
	永久性咸水湖	51349.3	√	
	季节性咸水湖	7073.7	√	
沼泽	草本沼泽	75442.5	√	沼泽湿地通过土壤和植被的作用,对水体有一定的净化效果。有些沼泽湿地的水量很小,采集水样有一定困难,所以在计算中不考虑无法采集水样沼泽湿地的水质净化价值,因此在沼泽湿地水质净化价值的计算中要分情况考虑。
	灌丛沼泽	20033.3	√	
	森林沼泽	29920.6	√	
	内陆盐沼	112312.9	√	
	季节性咸水沼泽	246769.0	√	
	沼泽化草甸	42607.9	√	
人工	库塘	129461.9	√	库塘容积较大,具有稀释污染物、净化水质的作用,还具有对悬浮物进行沉淀的能力。计算中需扣除不能用于净化污染物的水源地。
	水产养殖场	1585.2	×	根据水产养殖场的用途,流入水塘的水达不到净化效果,如被鱼池中的饲料、鱼的排泄物污染等,所以不计算其水质净化价值。
	输水河	4028.6	×	输水河有一定的自净功能,但部分输水河用于水源地输水用途,因其不可以被污染,所以不计算其水质净化价值。
	稻田	703058.0	×	流入稻田的水会被农药、化肥等所污染,达不到水质净化效果,所以不计算其水质净化价值。

表 2　不同条件下湿地净化功能价值核算解释

Tab 2　Valuation methods for the water purification function of different wetland types

条件类型	约束条件	核算方法	备　注
条件 1	湿地面积(A)	Costanza 法	适用于缺少水质数据的吉林省沼泽湿地。计算公式:A × 去除污染物投资额。
条件 2	水环境功能区水质标准 降解系数(r) 水量(V)	功能区 - 降解系数法	适用于各种功能区划范围内的湿地,如自然保护区、水源地等。计算公式:$W_v \times V \times r$;W_v 为单位体积水质净化价值。
条件 3	上游污染物浓度(U_p) 下游污染物浓度(D_t) 水量(V)	箱式模型法	适用于河流湿地、湖泊湿地以及沼泽湿地。计算公式:$(U_p - D_t) \times V$ × 去除污染物投资额。

本文采用的水质降解系数计算公式参考陈云浩等(2012):

$$K = 86.4(\ln C_1 - \ln C_2)\,U/L$$

式中:C_1、C_2 分别为河段上、下断面的污染物浓度(mg/L);U 为河段平均流速(m/s);L 为河段上、下断面间距(km);K 为水质降解系数(d^{-1})。根据《全国地表水容量核定技术复查要点》(2004)提出的水质降解系数参考值见表 3(陈云浩等,2012)。

表 3　水质降解系数

Tab 3　Degradation parameters of water quality

水质类型	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
降解系数	-	0.20	0.15	0.10	0.05
与Ⅳ类比值	-	2.00	1.50	1.00	0.50

按水质净化功能进行水体分类,用湿地水质净化价值除以各自水域的体积,得到每种类型湿地单位体积的水质净化价值,见表 4。用单位体积的水质净化价值乘以每个湿地的水量,再乘以水体计算出的净化系数,得到每个湿地的水质净化价值,所有湿地水质净化价值的和即为吉林省湿地的总水质净化价值。

2　结果

2.1　湿地水质净化价值总体分析

根据本文采用的计算方法,得出吉林省湿地的水质净化总价值为 44.2188 亿元(表 5)。各市水质净化价值排序为:延边市(15.0982 亿元,34.14%) > 松原市(11.6017 亿元,26.24%) > 白城市(9.0938 亿元,20.56%) > 长春市(4.2491 亿元,9.61%) > 吉林市(1.0255 亿元,2.32%) > 通化市(0.9898 亿元,2.24%) > 白山市(0.8951 亿元,2.02%) > 辽源市(0.7685 亿元,1.74%) > 四平市(0.4973 亿元,1.12%);各种类型湿地水质净化价值排序为:沼泽湿地(25.0671 亿元,56.69%) > 湖泊湿地(10.2821 亿元,23.25%) > 河流湿地

(7.7033 亿元,17.42%) > 人工湿地(1.1662 亿元,2.64%)。

分析结果表明,吉林省各市县单位面积水质净化价值(图 2-a),以松原市最大,四平市最小;而从人均占有水质净化价值来看(图 2-b),延边市最高,四平市最低。

表 4　吉林省各类型湿地的单位净化价值

Tab 4　Purification value per unit volume for different wetland types

类型	各类型湿地水质净化价值/万元·亿 m^{-3}				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
河流湿地	–	19816.6500	14862.4880	9908.3250	4954.1630
湖泊和人工湿地	–	4864.2160	3648.1620	2432.1080	1216.0540
沼泽湿地	–	58611.5500	43958.6630	29305.7750	14652.8880

表 5　吉林省各市县湿地水质净化价值统计

Tab 5　Statistics on wetland water purification value in Jilin Province

地市	人工湿地/亿元	湖泊湿地/亿元	河流湿地/亿元	沼泽湿地/亿元	合计/亿元	百分比/%
白城市	0.1594	2.4195	0.3192	6.1958	9.0938	20.56
白山市	0.0427	0.0620	0.5480	0.2425	0.8951	2.02
吉林市	0.4072	0.0000	0.5017	0.1166	1.0255	2.32
辽源市	0.0538	0.0000	0.7147	0.0000	0.7685	1.74
四平市	0.1342	0.1701	0.1683	0.0247	0.4973	1.12
松原市	0.0091	6.2171	1.4876	3.8879	11.6017	26.24
通化市	0.1021	0.0444	0.8221	0.0211	0.9898	2.24
延边市	0.0626	0.1322	1.1044	13.7990	15.0982	34.14
长春市	0.1952	1.2369	2.0375	0.7795	4.2491	9.61
合计/亿元	1.1662	10.2821	7.7033	25.0671	44.2188	
百分比/%	2.64	23.25	17.42	56.69	100	

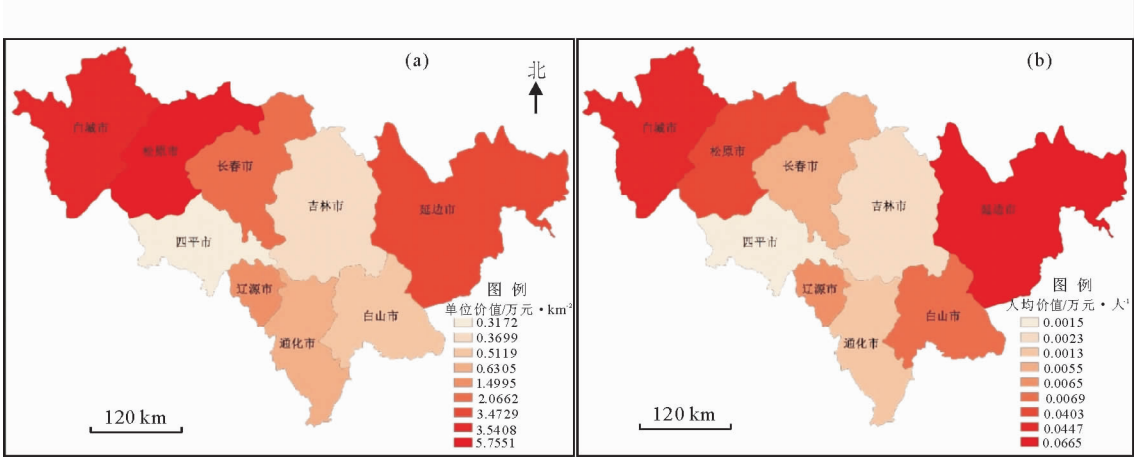


图 2　吉林省各市县单位面积(a)与人均(b)湿地水质净化价值分布

Fig 2　Distribution of wetland water purification value per unit area (a) and per person (b) in Jilin Province

2.2　吉林省各市县的湿地水质净化价值

2.2.1　河流湿地　计算结果表明,吉林省各市县单位面积河流湿地水质净化价值(图 3-a)以白山市最高(0.6316 万元/km^2),白城市最低(0.1243 万元/km^2);人均占有河流湿地水质净化价值(图 3-b)以延边市最高(0.0090 万元/人),长春市市最低(0.0011 万元/人)。

2.2.2　湖泊湿地　根据计算结果,吉林省各市县单位面积湖泊湿地水质净化价值(图 4-a)以松原市(3.0840 万元/km^2)最高,吉林市和辽源市均较低,不足 0.01 万元/km^2;人均占有湖泊湿地水质净化价值(图 4-b)以延边市(0.0665 万元/人)最高,其次是白城市(0.0447 万元/人),四平市最低,仅为 0.0015 万元/人。

2.2.3　沼泽湿地　根据计算结果,各市县单位面积沼泽湿地水质净化价值(图 5-a)以延边市(3.1741 万元/km^2)最高,而辽源市不足 0.0001 万元/km^2;人均占有沼泽水质净化价值(图 5-b)以吉林市(0.0009 万元/人)最高,其次是白城市(0.0008 万元/人),辽源市最低,不足 0.0001 万元/人。

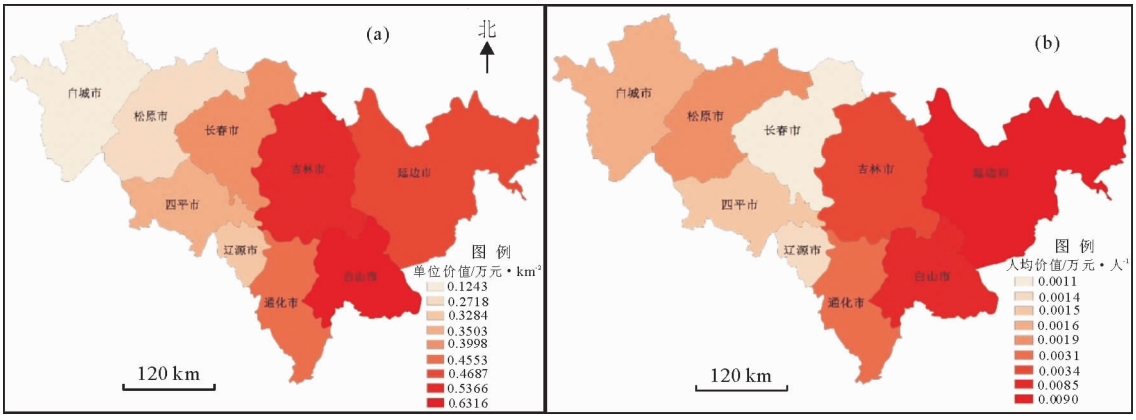


图 3　吉林省各市县单位面积(a)和人均(b)河流水质净化价值分布

Fig 3　Distribution of river wetland purification value per unit area (a) and per person (b) among districts and counties

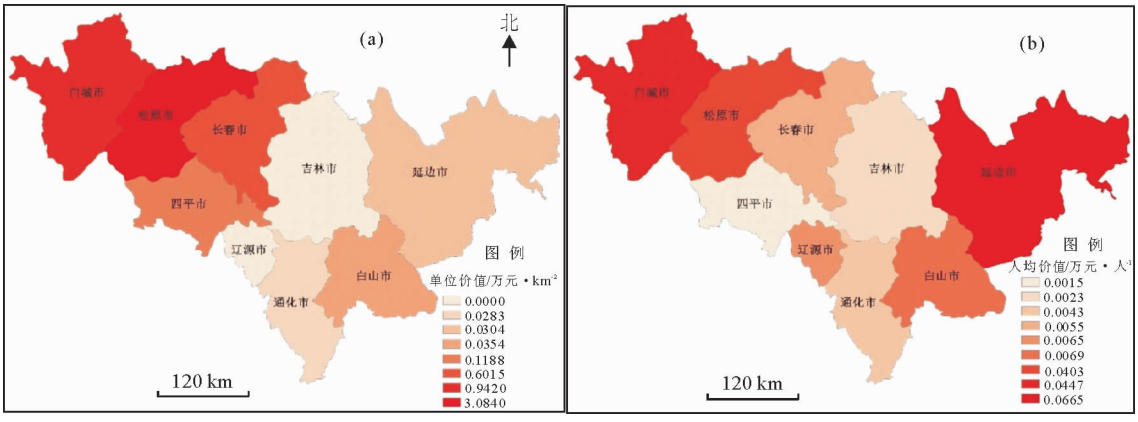


图 4　吉林省各市县单位面积(a)和人均(b)湖泊水质净化价值分布

Fig 4　Distribution of lake wetland purification value per unit area (a) and per person (b) among districts and counties

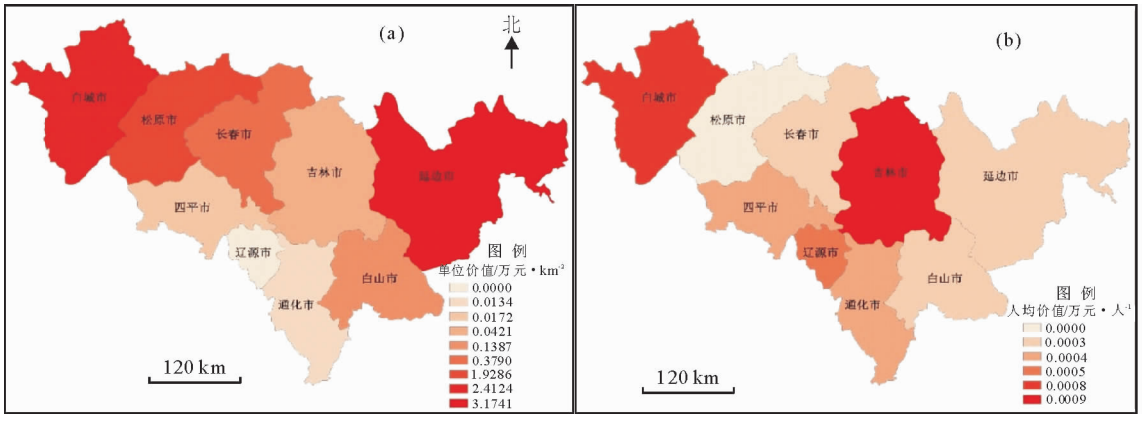


图 5　吉林省各市县单位面积(a)和人均(b)沼泽水质净化价值分布

Fig 5　Distribution of marsh wetland purification value per unit area (a) and per person (b) among districts and counties

2.2.4　人工湿地　根据计算结果,吉林省各市县单位面积人工湿地水质净化价值(图 6-a)以吉林市(0.1469 万元/km^2)最高,松原市最低(0.0045 万元/km^2);人均占有人工湿地水质净化价值(图 6-b)以吉林市(0.0009 万元/人)最高,松原市最低,不足 0.0001 万元/人。

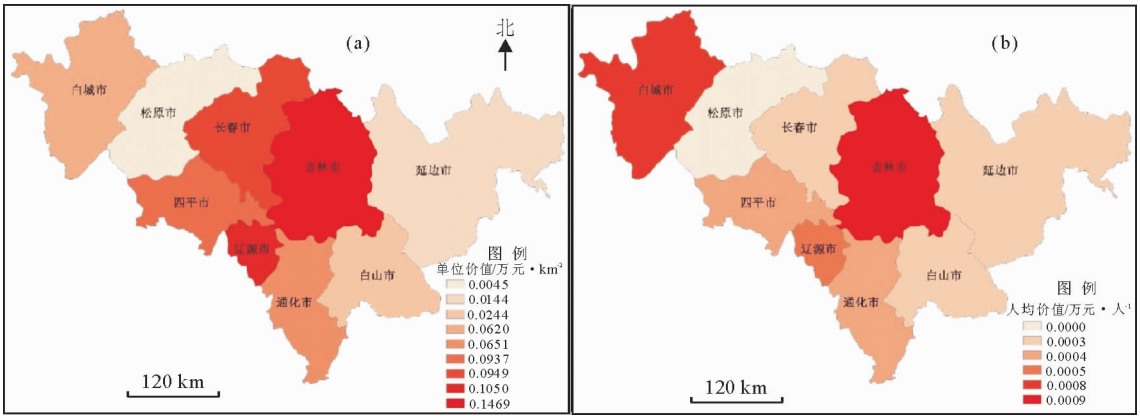


图6 吉林省各市县单位面积(a)和人均(b)人工湿地水质净化价值分布

Fig 6 Distribution of constructed wetland purification value per unit area (a) and per person (b) among districts and counties

3 讨论

3.1 水质净化价值计算方法的影响因素

由于本文只计算了湿地对TP和TN的净化价值,因此得出的吉林省湿地净化价值总价值为44.2188亿元,与现有的国内其他地域湿地水质净化价值计算结果相比较有些偏小。陈鹏(2006)计算得出福建省厦门市湿地生态系统服务价值约为135.5 400亿元/a,其中湿地水质净化污染物价值66.48亿元/a,单位面积价值为0.26亿元/(km^2·a);崔丽娟(2004)计算得出的鄱阳湖主导服务年总价值362.70亿元/a,其中降解污染物的价值占了38.49%,达到了139.60亿元/a,单位面积价值为0.04亿元/(km^2·a);陈鹏(2006)和崔丽娟(2004)计算的湿地水质净化价值不管是总价值还是单位面积上,均明显高于本文的计算结果,湿地水质净化总价值44.2188亿元,而单位面积价值仅为0.0002亿元/(km^2·a),可能与其采用的计算方法、考虑了多种污染物净化以及处于不同气候带有关。吴玲玲(2003)计算的长江口湿地生态服务价值为40.00亿元/a,其中水质净化价值约为3.41亿元/a,单位面积价值仅为0.0016亿元/(km^2·a),所占比例不足10%,其计算结果与本文同样差距明显。不同的计算方法往往造成同一块湿地所计算的湿地水质净化价值差距较大;何介南和康文星(2008)利用支出费用成本法评估洞庭湖湿地净化污染物功能价值仅为5.78亿元/a;而张运和张贵(2012)计算得出的洞庭湖湿地每年水质净化价值达到了31.11亿元,相差近26.00亿元/a。对比分析发现,张运和张贵(2012)计算的水质净化价值充分考虑了多种污染物,其中包括重金属的净化价值,而何介南和康文星(2008)只考虑常规性污染物的净化价值。因此说明计算湿地水质净化价值与选择的污染物对象和数量有一定的关系。

3.2 水质净化价值排序及空间分布差异的原因

吉林省沼泽湿地水质净化价值占整个湿地水质净化价值的56.69%,是价值最高的湿地类型,这与吉林省沼泽湿地面积较大有一定关系;另外,由于本文对人工湿地的水质净化价值计算仅关注了其中的库塘湿地(核算的库塘湿地面积为129 461.90 hm^2,仅占湿地总面积的7.49%),因此计算结果显示其水质净化价值排在所有类型湿地中最小。从空间上分布上分析,沼泽湿地水质净化价值主要分布于吉林省的西北部,这与沼泽湿地主要分布范围相吻合(图1)。臧正和郑德凤(2013)研究表明,吉林省西部地区75%是以沼泽为主的湿地保护区,生态系统服务功能价值处于Ⅱ级较高水平或Ⅰ级很高水平,较好的生态环境也提高了沼泽湿地的水质净化价值。有研究证实,径流淹没频率不同,造成了吉林省西部向海沼泽湿地上游和下游两断面土壤沉积类型和沉积效果的不同,使得受水文影响较大的上游断面,其人为污染程度大于受影响较小的下游断面,说明向海湿地对人为污染具有较强的净化和过滤功能(李鱼等,2005)。吉林省西部地区1954–2000年沼泽湿地面积呈先下降、后上升的趋势,1954–1976年沼泽湿地面积急剧减少,到1996年以后,随着退耕还林还草政策的不断推进,沼泽湿地面积出现净增加(岳书平等,2008);郝运等(2004)核算了向海沼泽湿地水质净化价值约为2850万元/a,按照2013年的GDP核算,相当于4 056万元/a。

吉林省各市县单位面积人工湿地水质净化价值以吉林市(0.1469万元/km^2)最高,松原市最低

(0.0045 万元/km^2),且单位面积人工湿地水质净化价值空间分布上主要集中于吉林省的中部,这与本文计算的人工湿地以库塘湿地为主有关。特别是吉林市分布有 293 个库塘湿地,面积达到了近 4.5 万 hm^2,主要包括松花湖、红石湖、白山湖、石头口门水库、亮甲山水库和星星哨水库。

4　结论

(1)通过集成目前已有的湿地净化价值计算方法,提出了替代法计算水质净化价值,即采用工业的方法去除总氮和总磷的费用来衡量湿地的水质净化价值,该方法综合考虑了 CPI 指数变化影响,能够较准确的核算湿地水质净化价值。

(2)吉林省湿地的水质净化总价值为 44.2188 亿元,延边市(15.0982 亿元,34.14%)>松原市(11.6017 亿元,26.24%)>白城市(9.0938 亿元,20.56%)>长春市(4.2491 亿元,9.61%)>吉林市(1.0255 亿元,2.32%)>通化市(0.9898 亿元,2.24%)>白山市(0.8951 亿元,2.02%)>辽源市(0.7685 亿元,1.74%)>四平市(0.4973 亿元,1.12%)。各种类型湿地水质净化价值排序为:沼泽湿地(25.0671 亿元,56.69%)>湖泊湿地(10.2821 亿元,23.25%)>河流湿地(7.7033 亿元,17.42%)>人工湿地(1.1662 亿元,2.64%)。各市县单位面积水质净化价值以松原市最大,四平市最小;人均占有水质净化价值以延边市最高,四平市最低。不同湿地类型单位面积水质净化价值延边市最高,辽源市最低;而不同湿地类型人均水质净化价值白城市最高,辽源市和松原市均较低。

(3)水质净化价值排序及空间分布差异主要取决于湿地的面积。应加大湿地保护力度,增加区域湿地面积。

(4)方法选择、区域差异以及污染物类型确定对研究结果具有一定的影响。

参考文献

白军红, 余国营, 张玉霞, 2001. 向海沼泽湿地土壤特征及可持续利用[J]. 农业现代化研究, 22(3): 146 – 149.

白军红, 王庆改, 高海峰, 等,. 2010. 向海沼泽湿地芦苇中氮含量动态变化和循环特征[J]. 湿地科学, 8(2): 164 – 168.

陈丹, 陈菁, 罗朝晖, 2006. 天然水资源价值评估的能值方法及应用[J]. 水利学报, 37(10), 1188 – 1192.

陈鹏, 2006. 厦门湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 湿地科学, 4(2): 101 – 105.

陈云浩, 蒋卫国, 赵文吉, 等. 2012, 基于多源信息的北京城市湿地价值评价与功能分区[M]. 北京:科学出版社:59 – 101.

陈仲新, 张新时, 2000. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 45(1): 17 – 22.

崔丽娟, 2004. 潘阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究[J]. 生态学杂志, 23(4): 47 – 51.

崔丽娟, 张曼胤, 王义飞, 2006. 扎龙湿地非使用价值评价研究[J]. 林业科学研究, 19(4): 491 – 496.

崔丽娟, 张岩, 张曼胤, 等, 2011. 湿地水文过程效应及其调控技术[J]. 世界林业研究, 24(2): 10 – 14.

郭文献, 付意成, 闫丽娟, 等, 2013. 治理修复型水生态补偿问题分析[J]. 自然资源学报, 28(9): 1538 – 1546.

郝运, 赵妍, 刘颖, 等, 2004. 向海湿地自然保护区生态系统服务效益价值估算[J]. 吉林林业科技, 33(4): 25 – 27.

何介南, 康文星, 2008. 洞庭湖湿地对污染物的净化功能与价值[J]. 中南林业科技大学学报, 28(2): 24 – 29.

李鱼, 王晓丽, 张华鹏, 等, 2005. 向海湿地河道上下游土壤重金属污染程度分析[J]. 生态环境, 14(1): 30 – 33.

沈范珠, 赵大生, 2013. 吉林省湿地生态服务功能分析[J]. 吉林林业科技, 42(3): 21 – 24.

王彦君, 王随继, 苏腾, 2015. 降水和人类活动对松花江径流量变化的贡献率[J]. 自然资源学报, 30(2): 304 – 314.

吴玲玲, 陆健健, 童富春, 等, 2003. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境, 12(5): 411 – 417.

叶华香, 臧淑英, 肖海丰, 等, 2013. 扎龙湿地表层沉积物营养盐空间分布特征及评价[J]. 自然资源学报, 28(11): 1966 – 1976.

岳书平, 张树文, 闫业超, 2008. 吉林西部沼泽湿地景观变化及其驱动机制分析[J]. 中国环境科学, 28(2): 163 – 167.

臧正, 郑德凤, 2013. 吉林省西部湿地生态系统服务功能价值评价[J]. 大庆师范学院学报, 33(6): 97 – 101.

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

赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等, 2003. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 自然资源学报, 18(4): 443 – 452.

Costanza R, d′Arge R, de Groot R, et al, 1997. The value of the world′s ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 386:253 – 260.

Bolund P, Hunhammar S, 1999. Ecosysytem services in urban areas[J]. Ecological Economics, 29:293 – 301.

(责任编辑　万月华)

Analysis and Valuation of Water Quality Purification by Jilin Province Wetlands

ZHAO Xin-sheng[1,2], CUI Li-juan[1,2], LI Wei[1,2], KANG Xiao-ming[1,2], LEI Yin-ru[1,2]
MA Qiong-fang[3], SUN Bao-di[1,2], YU Jing-jing[1,2]

(1. Institute of Wetland Research, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, P. R. China;
2. Beijing Key Laboratory of Wetland Services and Restoration, Beijing 100091, P. R. China;
3. Jilin Provincial Academy of Forestry Sciences, Jilin 130033, P. R. China)

Abstract: At the interface between terrestrial and aquatic ecosystems, wetlands have shown their importance in providing various ecosystem services, especially water quality purification, and have become the subject of intensive research worldwide. Jilin Province has very rich wetland resources with a total wetland area of 1.728×10^6 hm^2, consisting of river wetlands (15%), lake wetlands (6%), marsh wetlands (30%) and constructed wetlands (49%), according to the second nationwide wetland resource inventory of 2009 and they provide important ecosystem services in Jilin Province. In this study, we proposed an alternative method for calculating the monetary value of the water quality purification function of wetlands in Jilin Province, based on the existing method of determining the cost for industrial removal of total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP). The data for this research were obtained from the Water Resource Bulletin (2013) and Environmental Conditions Bulletin (2013) of Jilin Province, weekly data from the national key section water quality of main river basin and the field survey of water quality and depth. The price of water was taken from the statistics yearbook of Jilin Province. The monetary value of the water quality purification function for each wetland type was calculated by multiplying the water purification value per unit volume by the total water volume of the wetland. Results show that the total annual value of the water purification function of the wetlands in Jilin Province was 44.2188×10^8 yuan. The order of monetary values for the cities in Jilin Province is as follows: Yanbian City (15.0982×10^8 yuan, 34.14%), Songyuan City (11.6017×10^8 yuan, 26.24%), Baicheng City (9.0938×10^8 yuan, 20.56%), Changchun City (4.2491×10^8 yuan, 9.61%), Jilin City (1.0255×10^8 yuan, 2.32%, Tonghua City, 0.9898×10^8 yuan, 2.24%), Baishan City (0.8951×10^8 yuan, 2.02%), Liaoyuan City (0.7685×10^8 yuan, 1.74%) and Siping City (0.4973×10^8 yuan, 1.12%). The value of water purification for the different wetland types are as follows: marsh wetlands (25.0671×10^8 yuan, 56.69%) > lake wetlands (10.2821×10^8 yuan, 23.25%) > river wetlands (7.7033×10^8 yuan, 17.42%) > constructed wetlands (1.1662×10^8 yuan, 2.64%). The highest value of the water purification function per unit area was recorded in Songyuan City while the lowest was in Siping City. The highest per capita value of water purification function of wetland ecosystem service was in Yanbian City while the lowest was in Siping City. Moreover, the value of the purification function per unit area varied significantly among cities and wetland types, with the highest value of 31 741 yuan/km^2 in the marsh wetland of Yanbian City and the lowest value of less than 1 yuan/km^2 in the marsh wetland of Liaoyuan City. The per capita value of water purification function varied significantly among cities and wetland type, with the highest per capita value (447 yuan/person) of lake wetlands in Baicheng City and the lowest value of less than 1 yuan/person of marsh wetland in Liaoyuan and Songyuan City. In conclusion, the method of analysis, location of wetlands and pollutant source and the type of contaminant removed all influence the results. The rank of the water purification value of Jilin wetlands and the spatial distribution primarily depend on the area scale of wetlands. Study results support the protection, restoration and reasonable exploitation of Jilin Province wetlands. It also provides technical information to support the coordination of social, economic and ecological goals in Jilin province.

Key words: wetland ecosystem; water purification; valuation of ecological function; Jilin Province