

基于碳氧平衡模型的城市公园生态效应评价研究

冉语卿 张驰宇 陈岚¹

(四川大学 建筑与环境学院, 四川 成都 610000)

【摘要】: 温室效应所引起的气候变暖严重影响着人类的生存和发展,同时严重制约着城市的可持续发展。基于此,主要结合碳氧平衡模型进行城市公园生态效应评价,首先结合碳氧平衡模型以及 AHP(层次分析法),选择合适的指标,构建基于碳氧平衡模型的城市公园生态效应评价体系。然后具体结合成都市高新南区进行实证分析,搜集碳氧平衡相关数据,对其 CO₂排放量、CO₂吸收量以及碳氧平衡缺口进行计算,并结合上述的模型选取区域内最具代表的锦城湖湿地公园为具体的生态效应评价对象,得到区域生态效应情况。最后结合评价的结果提出优化城市生态效应的建议。

【关键词】: 碳氧平衡模型 生态效应 城市公园

【中图分类号】: F291.1; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)01-090-06

随着城市化水平的不断提高,城市人口以惊人的速度增长。据联合国专家预测,到2025年,世界上将有60%的人口居住在城市。中华人民共和国成立以后,我国城市人口增加了4倍,尤其是改革开放以来城市化进程更是大大加快。到2018年年末,城镇常住人口83137万人,比2017年年末增加1790万人;乡村常住人口56401万人,减少1260万人;城市人口在总人口中所占的份额(城市化水平)为59.58%,与2017年年底相比增加1.06%。随着城市化进程的加速,城市的经济及文化等功能已经不能够满足需求,尤其是随着城市的扩张,城市生态环境已经受到了严重的破坏,直接对人类的健康造成影响^[1]。由此,人们越来越迫切改善城市生态环境,人们要求降低碳排放的同时,也要求改善城市的绿化情况以及城市公园的绿化功能,把城市公园建成城市的“绿肺”^[2]。那么,怎样的城市公园生态系统才能有效地发挥生态效应,改善城市环境呢?结合此问题,本文提出基于碳氧平衡模型构建城市公园生态效应评价体系,对城市 CO₂的排放量和吸收量进行计算,并在此基础上提出改善建议,从而加强城市公园生态系统建设和管理,全面提高城市居住环境质量。

1 基于碳氧平衡的城市公园生态效应评价模型设计

该部分重点基于碳氧平衡模型的原理以及在生态效应评价中的意义,选择城市公园生态效应评价指标,构建基于碳氧平衡的城市公园生态效应评价模型。

1.1 碳氧平衡模型概述

1.1.1 碳氧平衡的原理

作者简介: 冉语卿,硕士研究生,研究方向为城市设计、风景园林规划设计、景观生态学。E-mail:randouranyu@163.com
陈岚,博士,副教授,研究方向为城市设计、景观设计理论。E-mail:844947819@qq.com

碳氧平衡主要是指该区域大气中 CO_2 含量和 O_2 含量的增减程度达到平衡。大气中碳和氧的平衡是一个动态平衡,需要不断调整各种水平的耗氧量以及绿植供氧的关系。在区域生态系统中碳氧收支分为两个过程:一个是释碳耗氧过程,一个是固碳释氧过程^[3]。

(1) 释碳耗氧的原理。

碳的释放和耗氧过程主要是碳在有氧环境中燃烧并释放二氧化碳的过程。基本化学表达式为: $\text{C}+\text{O}_2\rightarrow\text{CO}_2$ 。

(2) 固碳释氧的原理。

生态用地固碳、供氧的唯一来源:绿色植被覆盖的土地在光合作用中吸收 CO_2 、释放 O_2 。其基本化学表达式为: $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ (光照、酶、叶绿体) $\rightarrow$ $(\text{CH}_2\text{O})+\text{O}_2$ 。

本文主要采用中科院可持续发展战略研究组的碳排放模型,来判定城市碳氧平衡,本研究中主要通过计算 CO_2 排放量、 CO_2 吸收量以及碳缺口比,对城市碳氧平衡进行衡量^[4]。

碳缺口比=(碳排放-碳吸收)/碳排放 $\times 100\%$

计算碳排放量的公式如下:

$$C=\sum_i C_i=\sum_i E_i/E\times C_i/E_i\times E/Y\times Y/P\times P \quad (1)$$

式中: C 为碳排放量, C_i 为 i 种能源的碳排放量, E 为一次能源消费量, E_i 为 i 种能源的消费量, Y 为国内生产总值 (GDP), P 为人口数。

改进计算模型可得:

$$\text{CO}_2=K\times E \quad (2)$$

式中: K 为碳排放系数, E 为不同类型能源的消耗。

碳排放系数因国家、地区、能源结构和技术水平的不同而不同。为简单起见,本研究假设 K 为常数。本文结合相关研究,将 CO_2 排放系数设定为 2.45 (燃烧 1 吨标准煤,排放 2.45 吨 CO_2)^[5]。

城市 CO_2 排放总量是通过人口总量、人均 GDP、单位 GDP 产值能耗、 CO_2 与能源转换系数 (K) 的乘积来计算的。公式如下:

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量} = P \times (\text{GDP}/P) \times (E/\text{GDP}) \times (\text{CO}_2/E) \quad (3)$$

式中: P 为城市人口数量, E 为城市总能耗。

碳汇的计算是基于每公顷绿地平均每天吸收 1.767 吨 CO₂和每年吸收 644.96 吨 CO₂。

1.1.2 碳氧平衡在生态效应评价中的意义

在一定区域内,通过绿色植物的碳固定和氧气释放功能,以及各种碳释放和氧气消耗关系的调整,使得区域内大气中的碳氧含量保持平衡。这种平衡能力直接影响区域生态环境质量,决定着区域可持续发展的能力,而平衡能力的大小取决于生态绿植的覆盖率^[6]。可通过城市公园绿植覆盖面积的调整,有效控制低层大气中 CO₂含量及增加氧气的含量,将其控制在合理的范围^[7]。应用碳氧平衡法有助于合理测算生态绿地固碳释氧能力,为城市公园生态系统优化提供一定的决策依据。

1.2 城市公园生态效应评价指标体系构建

城市公园生态效应评价主要评价的是其固碳释氧量,如潘友兰和周志翔^[8]提出绿地的生态效应指标主要包括:绿地类型丰富度、绿地类型均匀度、物种丰富度指数、绿化覆盖率。本文借鉴国内外关于城市生态效应评价的相关文献^[9]以及城市公园的实际情况,将评价指标的二级指标定为:绿化稳定性、生物多样性以及系统结构的功能性 3 个,其中绿化稳定性包括绿化覆盖率、绿地率 2 个三级指标,生物多样性包括本地种优势度、单位面积乔木占有量 2 个三级指标,系统结构的功能性包括绿地的结构、绿地均匀度、人均公共绿地 3 个三级指标。由此可以得到如表 1 所示的指标体系。

表 1 城市公园生态效应评价指标体系

一级指标(目标层)(A)	二级指标(准则层)(B)	三级指标(指标层)(C)
城市公园生态效应(A)	绿化稳定性 B ₁	绿化覆盖率 C ₁
		绿地率 C ₂
	生物多样性 B ₂	本地种优势度 C ₃
		单位面积乔木占有量 C ₄
	系统结构的功能性 B ₃	绿地的结构 C ₅
		绿地均匀度 C ₆
		人均公共绿地 C ₇

1.3 基于碳氧平衡的生态效应评价模型设计

1.3.1 指标的标准化处理

各指标的标准化处理过程如下:

计算绿地均匀度 C₆:

$$C_6=(H/H_{\max})\times 100\% \tag{4}$$

式中: C_6 为绿地均匀值, H 为试验后的值。 H 和 $H_{\max}$ 计算公式为:

$$H = -\log \left[\sum_{i=1}^T P(i)^2 \right] \tag{5}$$

$$H_{\max} = -\log(T) \tag{6}$$

式中: $P(i)$ 为绿地类型, i 为绿地总面积的比例, T 为绿地类型总数。

结合公式(6),需要对不同阶段不同类型绿地生态服务功能进行研究,针对绿地生态效应的计算可以得到:

$$I_{ij} = X_{ij} / R_i \tag{7}$$

式中: I_{ij} 为第 i 个指标在第 j 阶段的指数; X_{ij} 为第 i 个指标在第 j 阶段的值; R_i 为第 i 个指标的参考值;通过均匀数值计算,每个形状面积除以半径为1的形状元素,可以生成不同阶段绿地生态服务功能的综合指数,对应取值范围是 $[0, 1]$,取值越大意味着生态效应越完整。计算公式如下:

$$IC_j = S_j / S_i \tag{8}$$

式中: S_j 为第 j 阶段的多边形区域, S 为半径为1的正多边形的面积。 IC_j 是第 j 阶段的综合指数。其他指标采用相同的方法进行标准化。

1.3.2 指标权重计算

上述指标在生态效应评价时的作用大小是不均等的。各指标对评价的贡献大小可以用权重来表达。本研究采用层次分析法来确定权重,采用层次分析法构建城市公园生态效应评价指标层次结构模型,选择环境学、建筑学的学者作为专家进行打分^[10],主要采用1~9标度方法(表2),将城市公园生态效应评价指标中各层因素进行两两比较,从而得到该因素对于上层风险因素的重要性,形成判断矩阵。

表2 判断矩阵标度及其含义

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有同等重要性
3	表示两个因素比较,一个因素比另一个因素稍重要
5	表示两个因素比较,一个因素比另一个因素较为重要
7	表示两个因素比较,一个因素比另一个因素明显重要
9	表示两个因素比较,一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	介于上述两个相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较得判断矩阵 b_{ij} ,因素 j 与 i 比较得判断矩阵 $b_{ji} = \frac{1}{b_{ij}}$

对判断矩阵的每一列向量进行归一化：

$$\overline{w_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (9)$$

对 $\overline{w_{ij}}$ 按行求和得：

$$\overline{w_i} = \sum_{j=1}^n \overline{w_{ij}} \quad (10)$$

将 $\overline{w_i}$ 归一化得：

$$w_i = \frac{\overline{w_i}}{\sum_{i=1}^n \overline{w_i}} \quad (11)$$

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为近似特征根即特征向量。

计算 $\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}$ 作为最大特征根的近似值，并计算一致性指标：

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (12)$$

CI=0, 则表明判断矩阵 A 一致, 否则 CI 越大, 代表 A 的不一致程度就越高, 这时需要计算一致性比率：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (13)$$

如果 $CR < 0.1$, 则表明 A 的不一致程度在容许的范围内, RI 的具体取值如表 3 所示, A 的特征向量可作为权向量, 否则需要重新对判断矩阵进行取值。

表 3 不同 n 阶矩阵所对应各自的随机一致性指标 RI 的取值

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52

一致性检验通过后,采用特征根法求解判断矩阵 A 的特征根问题:

$$AW=\lambda_{\max}W$$

(14)

式中: $\lambda_{\max}$ 是 A 的最大特征根, W 是相应的特征向量, 所得到的 W 经归一化后就可作为权重向量 w。

1.3.3 生态效应评价模型构建

结合上述的计算, 得到基于碳氧平衡模型的城市公园生态效应评价模型如图 1 所示。

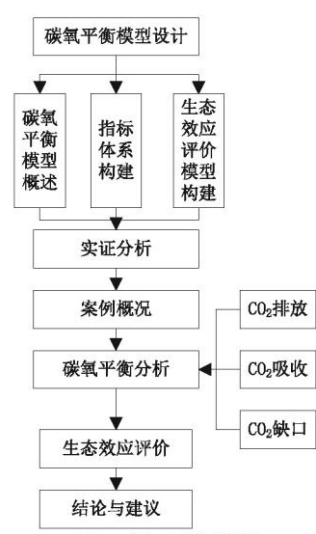


图 1 碳氧平衡模型

结合上述的模型分析以及计算公式, 可以建立五级分类方法, 评估整个城市绿地系统的实际生态能力, 得出相应的结论。相关的分类标准如表 4 所示。

表 4 城市公园生态效应分级

等级划分	分数取值	生态效应评价类型
一级	90~100 分	生态效应很好
二级	80~89 分	生态效应比较好
三级	60~79 分	生态效应一般
四级	30~59 分	生态效应比较差
五级	0~29 分	生态效应很差

2 基于碳氧平衡模型的城市公园生态效应评价实证分析

2.1 研究案例概况

为了对上述的模型进行实证研究,本文选取了成都市高新南区为研究大范围,以相关数据得出区域内的碳氧平衡情况以及区域内的公园生态效应评价指标体系,再选取区域内绿地面积最大、最具代表性的公园作为具体的生态效应评价结果的计算实践对象。成都市高新南区筹建于 1988 年,1991 年批准为首批国家高新技术产业开发区,成都市高新南区的规划面积为 87 平方千米,由起步区组团、新园组团、站南组团、大源组团、中和北组团、中和南组团 6 个组团构成,区域规划布局呈“一心、三轴、六组团”的结构,“一心”即金融商务中心区;“三轴”为天府大道、高新大道、红星路南延线 3 条城市向南发展的主轴线。成都市高新南区有城市综合公园 12 个:新川之心中央公园(绿化面积:5 万平方米)、桂龙公园(绿化面积:约 4.24 万平方米)、交子公园(绿化面积:1.9 万平方米)、大源中央公园(绿化面积:约 13.84 万平方米)、月牙湖楔形绿地(绿化面积:约 1.55 万平方米)、神仙树公园(绿化面积:约 3 万平方米)、锦城湖湿地公园(绿化面积:约 93.3 万平方米)、桂溪生态公园(绿化面积:约 2 万平方米)、江滩公园(绿化面积:约 1.45 万平方米)、中和湿地公园(绿化面积:约 1.12 万平方米)、现代体育公园(绿化面积:约 5.76 万平方米)、新怡公园(绿化面积:约 3.85 万平方米)。

2.2 碳氧平衡分析

2.2.1 CO₂ 排放量分析

研究整理成都市统计年鉴数据,对成都市高新南区的碳排放总量进行计算,获得成都市高新南区 2014—2018 年碳排放情况(表 5)。

表 5 2014—2018 年成都市高新南区 CO₂ 排放量

年份	人口数/万人	人均 GDP/(万元/人)	单位 GDP 能耗/(吨标准煤/万元)	K 值/(CO ₂ /E)	CO ₂ 排放量/万吨
2014	62.9	7.03	0.50	2.45	2258.81
2015	63.5	7.56	0.48	2.45	2553.75
2016	63.9	7.74	0.41	2.45	2718.49
2017	64.7	8.95	0.39	2.45	3375.57
2018	65.5	10.04	0.37	2.45	3522.64

从表 5 可以看出,成都市高新南区 2014—2018 年期间人口数量不断增多,2014 年的人口数量是 62.9 万人,到 2018 年人口数量达到了 65.5 万人。人均 GDP 在 2014—2018 年期间也呈现不断上升的趋势,由 2014 年的 7.03 万元/人上升到 2018 年的 10.04 万元/人。但是单位 GDP 能耗呈现不断下降的趋势,这可能是由于产业结构升级以及生产技术改进导致的。总体的 CO₂ 的排放量 2014—2018 年一直呈现上升的趋势,从 2014 年的 2258.81 万吨增长到 2018 年的 3522.64 万吨,由此可知,有必要在控制城市 CO₂ 排放的同时,加强城市绿化建设,提高固碳释氧能力,优化城市环境。

2.2.2 CO₂ 吸收量分析

研究整理成都市统计年鉴数据,对成都市城市碳吸收量进行计算,获得 2014—2018 年成都市高新南区碳吸收情况(表 6)。

表 6 2014—2018 年成都市高新南区 CO₂ 吸收量

年份	绿地面积/公顷	吸收能力/(吨/公顷·年)	CO ₂ 吸收量/万吨
2014	2127.94	644.96	137.24
2015	2137.46	644.96	137.86
2016	2221.50	644.96	143.28
2017	2624.80	644.96	169.29
2018	2938.90	644.96	189.55

从表 6 可以看出,成都市高新南区 2014—2018 年期间绿地面积不断增多,由 2014 年的 2127.94 公顷增长到 2018 年的 2938.90 公顷,由此可知成都市已经充分认识到了环境绿化的重要性,从 2014—2018 年不断地增加城市公园绿地建设,而随着城市公园绿地面积的增加,CO₂吸收量也在不断增加,2014 年为 137.24 万吨,到 2018 年已经增加到 189.55 万吨。

2.2.3 碳氧平衡缺口分析

应用城市碳排放量和碳吸收量的差额公式计算得到成都市高新南区 2014—2018 年碳缺口量和碳缺口比(表 7)。

表 7 2014—2018 年成都市高新南区碳氧平衡缺口

年份	CO ₂ 排放量/万吨	CO ₂ 吸收量/万吨	碳缺口量/万吨	碳缺口比例
2014	2258.81	137.24	2121.57	93.92%
2015	2553.75	137.86	2415.89	94.60%
2016	2718.49	143.28	2575.21	94.73%
2017	3375.57	169.29	3206.28	94.98%
2018	3522.64	189.55	3333.09	94.62%

结合表 7 的数据可知,2014—2018 年成都市高新南区碳氧平衡缺口比例都比较高,均在 90%以上,尤其 2017 年碳缺口量达到了 3206.28 万吨,碳缺口比例高达 94.98%。由此可知,虽然这 5 年期间,成都市高新南区的绿地面积在不断上升,碳吸收量在不断增加,但是相比 CO₂排放量增加的幅度而言,其吸收能力是远远不够的,由此可知,成都市高新南区需要进一步加大绿地系统建设力度,进一步提高 CO₂的吸收能力。

2.3 生态效应评价分析

结合上述模型,整理 2014—2018 年成都市高新南区绿化覆盖率 C_1 、绿地率 C_2 、本地种优势度 C_3 、单位面积乔木占有量 C_4 、绿地的结构 C_5 、绿地均匀度 C_6 以及人均公共绿地 C_7 的相关数据,并结合上述的指标标准化处理、权重计算得到成都市高新南区公园生态效应评价指标体系权重如表 8 所示。

表 8 成都市高新南区公园生态效应评价指标体系

一级指标(目标层) (A)	二级指标(准则层) (B)	准则层权重	三级指标(指标层) (C)	指标层权重	综合权重
城市公园生态效应 (A)	绿化稳定性 B_1	0.30	绿化覆盖率 C_1	0.54	0.162
			绿地率 C_2	0.46	0.138
	生物多样性 B_2	0.35	本地种优势度 C_3	0.78	0.273
			单位面积乔木占有量 C_4	0.22	0.077
	系统结构的功能性 B_3	0.35	绿地的结构 C_5	0.23	0.081
			绿地均匀度 C_6	0.36	0.126
			人均公共绿地 C_7	0.41	0.144

在得到高新南区的公园生态效应评价指标体系后,我们结合上述的指标权重,选取高新南区最具代表性、绿地面积最大的锦城湖湿地公园为具体的实践对象,以此得到在公园生态效应评价背景下的高新南区生态效应情况,更要围绕这个实践得出城市生态优化的建议。锦城湖湿地公园是成都市区面积最大的公园之一,也是成都天府绿道体系中的环城生态区六大湿地公园之一,融合了生态修复与场景体验,是成都市公园城市建设背景下市民未来美好生活体验空间的代表。公园位于益州大道锦悦西路口,东邻新世纪环球中心,南邻绕城高速。输入 2014—2018 年成都市锦城湖湿地公园各项指标的数值,对成都市锦城湖湿地公园的生态效应进行计算,得到 2014—2018 年成都市锦城湖湿地公园生态效应评价结果如表 9 所示。

表 9 2014—2018 年成都市锦城湖湿地公园生态效应评价结果

年份	绿化稳定性	生物多样性	系统结构的功能性	生态效应综合得分	所属级别
2014	78	83	57	72.35	三级
2015	83	84	62	76.17	三级
2016	84	85	67	78.58	三级
2017	81	85	72	79.47	三级
2018	87	86	78	83.45	二级

结合表 9 的数据可知,2014—2018 年成都市锦城湖湿地公园生态效应的得分在不断提高,这也在一定程度上说明成都市高新南区的生态效应在城市公园的带动下不断提高。从单个指标来看,2014 年绿化稳定性、生物多样性、系统结构的功能性这 3 项指标的分值都比较低,生态效应综合得分 72.35 分,说明 2014 年成都市高新南区生态效应一般。从 2014 年以后各项指标的分值基

本都有所增长,到2018年生态效应综合得分为83.45分,所属级别已经由三级上升为二级,总体生态效应比较好。

3 结论与建议

3.1 结论

本文主要以成都市高新南区为例,结合生态学、景观学相关理论,采用碳氧平衡模型,对成都市锦城湖湿地公园生态效应进行了定量分析,再以此得到区域生态效应情况。结合本文的研究结果可以得到以下结论。

(1)基于碳氧平衡模型计算得到2014—2018年成都市高新南区CO₂的排放量和吸收量都在不断上升,2014年,CO₂排放量为2258.81万吨,CO₂吸收量为137.24万吨,碳缺口比例为93.92%;到2018年,CO₂排放量上升为3522.64万吨,CO₂吸收量上升为189.55万吨,碳缺口比例上升为94.62%。由此可知2014—2018年成都市高新南区的碳缺口比例在逐渐上涨,虽然绿地建设量在增多,但仍不能平衡碳排放量的增长。

(2)基于碳氧平衡模型以及AHP层次分析法构建了以绿化稳定性、生物多样性以及系统结构的功能性为二级指标,以绿化覆盖率、绿地率、本地种优势度、单位面积乔木占有量、绿地的结构、绿地均匀度、人均公共绿地为三级指标的城市公园生态效应综合评价体系,并结合模型计算得分,构建了五级生态效应评价等级划分标准。结合该标准对2014—2018年成都市高新南区的生态效应等级进行划分后发现,这5年期间绿化稳定性、生物多样性以及系统结构的功能性各项指标的分值都有所增长,到2018年生态效应综合得分为83.45分,所属级别上升,生态效应转好。

3.2 建议

随着城市化进程的推进,城市热岛效应越来越突出,基于上述的研究结论可知,城市公园具有一定的生态效应,是降低城市热岛效应最有效的方式之一。由此本文首先从城市公园层面建设提出主要建议,再从城市整体层面上提出具有可持续发展性的城市环境维护策略:

(1)增加城市公园生产性景观,提高碳氧平衡生态效益。不同植物的生态效应存在差别,在城市公园建设的过程当中,需要因地制宜,选择绿化树的品种,首先需要考虑的是树种的生态效应,其次是树种的生存率以及可引种性,必须确保新引进的树种不破坏现有的生态环境,只有这样才能将树种引入,丰富当地的植物物种。根据城市不同区域的功能需求,可在公园内选择不同品种的植物,例如在一些CO₂污染较严重的地区,应该优先选择具有强固碳能力和氧气排放能力的植物;而一些工业区集中的区域需要选择一些碳氧平衡生态效益较高、抗性强的植物;另外,行道树大多需要采用一些叶面粗犷、枝叶繁密的植物,以此达到降尘降噪的效果。由此可知,在城市公园建设当中,需要结合不同区域的要求,增加生产性景观,从而提高其碳氧平衡生态效益。

(2)合理均匀配置城市公园绿地斑块。对于相同的绿色空间指标,同质异质配置的景观和环境影响是完全不同的。从目前的角度来看,城市用地的分布比较均匀,但其均匀性指数与合理位置仍有一定距离。作为城市园林绿地的主要组成部分,公共绿地的数量和质量反映了城市的地方经济建设和发展水平,因此,应特别注意公共绿地建设。除了建设更多的市级城市公园外,还必须根据自身的特点建设更多具有特色的公园区和游乐园(例如观赏型、保健型、文化型公园等),以增加公共绿地的多样性,满足人们的不同需求。同时,在规划、设计及建设中,要体现出“集聚间有离析”的景观格局。城市的绿地系统逐渐从分散转移到联系,从联系转移到融合,展示了网络连接和郊区融合方案,这使城市市民与自然之间的关系日益紧密。同时,城市中生物与环境的关系渠道也日趋畅通或逐步恢复。

参考文献:

[1]Li F,Ye Y P,Song B W,et al.Evaluation of urban suitable ecological land based on the minimum cumulative resistance model:A case study from Changzhou,China[J].Ecological Modelling,2015,318:194-203.

[2]Wu C Y,Wang B,Liu D D.The outcomes of carbon-oxygen white dwarfs accreting Co-rich material[J].Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,2019,483(1):263-275.

[3]王月容,段敏杰,刘晶.北京市北小河公园绿地生态保健功能效应[J].科学技术与工程,2017(18):31-40.

[4]蔡凤玲.森林公园的景观生态方法初探[J].绿色科技,2019(9):44-45.

[5]阿依吐尔逊·沙木西,刘新平,祖丽菲娅·买买提,等.西部绿洲城市土地利用转型的生态环境效应——以乌鲁木齐市为例[J].农业资源与环境学报,2019(2):149-159.

[6]吴秋菊,于洪波.莲花湖湿地公园建设与区域生态关系的研究[J].中国园艺文摘,2018(6):93,160.

[7]姬盼盼,高敏华.基于LUCC1999—2014年新疆碳氧平衡估算[J].干旱区地理,2018(3):608-615.

[8]潘友兰,周志翔.浅谈居住区绿化指标的内涵及其应用问题[J].华中农业大学学报(社会科学版),2006(4):86-88.

[9]蔡凌雁,王丽妍,伍阳,等.城市扩张生态效应预测对输入数据的敏感性研究[J].水土保持研究,2017(1):272-278.

[10]杨璐,章锦河,王群,等.南京市生态经济系统碳氧平衡分析[J].资源科学,2014(10):2223-2230.