

基于城市碳氧均衡的绿地生态效应 评估机制研究

——以株洲市为例

杨帆 刘海龙 尹芳 陶蕴哲

(1. 中南大学建筑艺术学院, 湖南长沙 410000;

2. 清华大学建筑学院, 北京 100084)

【摘要】城镇化过程中城市交通、建筑、生活、产业发展产生的排碳耗氧与自然汇碳释氧严重失衡;而城市绿地建设是构建城市生态必不可少的环节,其发挥的主要作用是固碳释氧:对于城市承载碳氧失衡效应所需的绿地面积大小和城市绿地系统的生态的综合评价,现业内缺乏科学的量化指标体系及评估机制研究。文章将株洲市作为研究目标,这是由于株洲市具有综合配套改革试验区的地位及相关条件,研究使用数据解译、实地调查评估、数学建模预测等方法获取和处理株洲市区的现状绿地基础数据,并基于碳氧平衡方法建立绿地生态功能评价体系,得出2010~2014年株洲市城区汇碳数据及生态绿地缺口数据。研究结果表明株洲市绿地生态功能评价综合指数在2013年达到了2类标准,但是仍存在面积、结构和分布上的缺陷。文章根据基于碳氧平衡的城市绿地生态效应评价机制研究提出评价指标及生态绿地建设对策,探索株洲城市绿地碳氧平衡生态发展优化模式。

【关键词】碳氧平衡;绿地;生态评价机制;株洲

【中图分类号】TU985**【文献标识码】**A

【文章编号】1671-4407(2016)10-145-06

现阶段,二氧化碳排放量过多已经成为限制人类可持续发展的重要难题,而其中接近八成的二氧化碳都产生于人类聚居区。2001年,学者Luck在大量研究之后指出,美国排名前20位的城市所排放的二氧化碳数量已经超出全美生态系统能够处理的上限,城市生态系统的研究逐步成为人们研究的重点。2012年我国主要城市的低碳化发展指数进行测度与研究表明:低碳指数最好的城市二氧化碳的排放M也远高于西方标准(最高达5倍之多)。中国城市的高碳指数发展加大了国际碳减排压力,

现有城市化进程面临严峻的资源与环境约束,随着城镇居民数量的不断上涨,很多大中型城市不得不占用森林绿地等来开发房产,使得城市大多数植被、农田等都受到了严重的破坏,虽然一些城市已经认识到这一问题的严重,并开始种植人工草地来进行弥补,但是都收效甚微。城市绿地是城市生态系统当中人与自然沟通的桥梁,也是生态系统当中其他动物赖以生存的重要区域,它不仅可以改善人类的居住环境,也可以净化城市的空气质量,对城市生态系统的维护起到了不可估量的作用。本文试通过对碳氧收支为研究的切入点来对城市生态系统的优化进行研究,并结合社会日常当中主要的

二氧化碳排放与氧气消耗等行为，来构建合理的碳氧收支模型，以期改善人们的城市生态环境。

1 背景分析

1.1 我国城市生态坏校存在的问题

概括来讲，我国城市生态系统 3 中存在的问题有如下几种：第一，空气污染。我国绝大多数城市的空气当中，二氧化碳、pm25，以及二氧化硫等有苦物质的含景都严重超标；第二，水污染。在我国的河流当中几乎有超过 1/3 的已受到污染，而湖泊、沿海水域等也都受到丫不同程度的污染，这严重损害了城市生态系统；第三，固体废弃物污染。在我国很多城市当中都不同程度的存在垃圾围城现象，越来越多的固体废弃物难以处理；第四，噪声污染。我国很多城市都存在噪声污染，严重干扰了城市居民的生活；第五，生态系统受到破坏。我国绝大多数城市的生态系统都已经受到严虫破坏，甚至只要稍微破坏就会造成难以估量的损失。在一项调查当中对我国 100 个大中城市进行研究，结果显示，只有哈尔滨、衡阳等四个城市生态承载力达标，即低于 1.22 这一均值，而剩余的城市均没有达标，而北京、天津等城市的生态承载力指标甚至超过均值 20。

所以，在我国城市化步伐不断加快、居民需求不断调整、以及工业快速进步的今天，城市生态问题的处理已经成为当务之急，这一方面会影响到城市的可持续发展，另一方面还会对城市经济提升产生影响。国内外目前对评价城市生态环境的研究较多，常用的评价指标体系分别从功能性的、结构性的、量化性等进行评估(表 1)。

表1 国内外各权威机构生态指标体系构建列表

编号	指标体系	制定机构
1	1999 年健康城市指标	世界卫生组织
2	21 世纪可持续发展指标	联合国
3	全球城市指标	科尔尼公司
4	环境与可持续发展指标	世界银行
5	欧洲绿色城市指数	经济学人
6	亚洲开发银行城市指数	亚洲开发银行
7	全国绿化模范城市指标	全国绿化委员会
8	可持续城市指标体系	中国科学院
9	国家生态园林城市标准	住建部
10	宜居城市科学评价标准	住建部
11	国家生态园林城市标准	住建部
12	生态县、生态市、生态省建设指标	环境保护部

1.2 城布病的起因与影响

据有关专家预测，到 2025 年，中国的总体城市化率很有可能会上升至 55%。而在城市发展的过程

中，资源、环境、以及粮食等问题将会不断出现，这些无一不与城市生态环境的恶化息息相关。国内的相关专家普遍认为，不科学的城市空间规划和土地资源利用造成我国的城市空间结构没有达到 M 优化程度，这也就直接导致了城市病的产生。究其根本，还是城市资源和环境的承载力没有实现同城市化规模的协同发展（表 2）。在今后的 20 年中，我国的城市化将步入空前的发展时期，城市土地的使用将会更加紧张，由于土地使用而带来的生态系统破坏问题势必会越来越严重。

表2 城市病症状的呈现

对象	城市病症状
生态	城市生态恶化，绿化面积少，绿化敏感带及生态修复等问题突出
环境	大气污染，水源污染，热岛效应极端气候肆虐
资源	人地矛盾突出，住房拥挤，资源短缺
能源	能源匮乏，能源消耗弹性系数高
交通	交通拥堵，事故频发，噪声污染严重
基础设施	防火体系不健全，城市防涝问题突出，给排水设施落后
人口	人口密集呈无序状态，收入两极分化，居民健康水平下降
经济	经济粗放型增长，工业污染重，第三产业发展落后，科技对经济的影响力度偏弱
城市管理	投入资金不足，管理缺乏整体统筹，治理力度不够
技术手段	高科技含量低，三废综合处理率低
公共安全	公共安全信心值低，市民安全感缺乏

1.3 城市绿地系统与碳氧平衡关系

相关统计显示，截至 2015 年年底我国城镇绿地面积共计 190.8 万公顷，而人均公园面积是 12.6m2，城市建成区当中绿化率仅仅达到 39.7 个百分点，绿地率则只有 35.8 个百分点。出现绿地率低这一现象充分说明我国城市生态环境已经出现了严重失衡的局面，有学者指出，城市绿化率只有达到 50%的时候才能维持城市正常的生态需求 m。我国城市发展主要承受着来看环境和经济以及社会这三个方面的压力，必须需要通过转型的手段来解决这一问题。

在城市生态格局当中，必须预留足够的生态绿地来确保城市正常的生态需求，并确保人类释放的二氧化碳等气体得到及时吸收。城市绿地可以说是城市区域内难得的“氧源”以及自然“碳汇”基地，它的作用是不可替代的，因为它不仅仅能够固碳释氧和降低城市热岛效应，还可以很好地降低建筑能耗并引导绿色交通。并且不同的绿地结构会产生不同程度的生态效益。

1.4 国内外研究与可行性分析

就目前的文献来看，国内外学者已经针对碳氧平衡做出了多项研究，概括来讲，这些研究可以分为两类：一类是碳循环方面的研究；一类是碳足迹方面的研究，其中前者主要研究的是区域绿地破坏情况，如 Pacala 就对全美生态系统对二氧化碳的处理能力进行计算。后者的研究重点则主要集中于城

市生态系统，如 Hughes 就对城镇居民二氧化碳的排放情况进行估计。在以人类为核心的城市生态当中，碳氧收支开始和正常的生态系统之间出现较大偏差，现阶段学者们在碳氧收支、碳氧平衡等方面的研究很少，而今后的几十年正是我国城镇化步伐空前发展的时期，所以对碳氧平衡、碳氧收支等方面卖弄的研究显示非常有必要，这是确保我国城镇化步伐稳定发展的重要理论支持。

国内外近年来对绿地的生态性评价主要从城市化与碳排放、绿地生产力和生态固碳减排释氧效应、城市绿地斑块的破碎化格局评价分析、源汇理论的城市热岛遥感分析、碳排放强度影响因素及减排对策等方面进行研究，并且已经取得了丰硕的成果。城市绿地生态效益评价研究，包括与之相关的城市绿地系统规划编制问题越来越成为现今专家们热议的重点内容。将碳氧收支计算方法运用为评估城市绿地让设量的重要手段。在实际计算的时候，将难以替换、难以交易，以及稀缺性等因素作为调节测算的重要指标，然后在操作层对绿地生态的实际需求情况进行估算与量化。并将其方法应用于本文案例株洲城市绿地建设。

除此以外，从国内外城市绿地效益的研究结果可以得知，如果绿化覆盖率小于 40%~60%，那么绿地的形状大小和内部结构以及相应的空间分布方面就更加重要。因此可在碳氧平衡模型的基础上采用绿地生态效益评价模式，从集约生态绿地建设、绿地功能完善等角度对城市绿地调控机制进行分析研究。

2 研究方法

2.1 技术支持

本文重点研究城市绿地的生态同碳释氧与碳排放的平衡关系，简化碳排放、碳汇的计算工作，构建碳氧平衡模型，为城市绿地规划提供了具体的实践方案，通过对绿地系统进行优化配置，进一步的扩大城市绿地面积，最终形成人们喜爱的生态城市。

2.2 技术路线

2.2.1 城市生态系统碳氧平衡计算

研究方法框架如图 1 所示。在实际计算的时候第一步要确定的是生态用地量，即从宏观上确定实际生态用地，计算中要先确定现阶段实际用地量，然后结合碳氧平衡理论展开计算。



图1 研究方法框架

在释碳耗氧方面，人类所产生的主要耗氧行为有：化石原料焚烧、土地过度开发、制造水泥、人类呼吸等，其对应的释碳量和耗氧量指标按照如下公式计算：

$$D_c = C_c + C_M + C_P; D_o = O_c + O_P \quad (1)$$

在固碳释氧方面, 绿地生态系统不仅可以消耗二氧化碳, 还可以为人类提供更多的氧气, 结合生物量法可以对这一过程当中的固碳量 S_c 和释氧量 S_o 按照如下公式计算:

$$S_c = a \sum_{i=1}^n A_i \cdot b_i; S_o = \beta \sum_{i=1}^n A_i \cdot b_i \quad (2)$$

式中, i 是土地类型; A_i 表示第 i 种土地类型面积; b_i 表示的是 i 中存在的生物物种个数; a 表示的是生物的固碳能力(系数); β 表示的是每一单位生物的释氧能力(系数)。

随后, 需要对区域生态当中的实际释碳耗氧与固碳释氧的差别进行确定, 然后计算出区域实际需要的生态用地 EL 的最小值^[2], 具体计算方式是:

$$EL_c = (D_c - S_c) / (ab_i); EL_o = (D_o - S_o) / (\beta b_i) \quad (3)$$

以上公式所求最大值即为可支持城市碳氧平衡效应的城市生态绿地基本参照指标值, 即 $\max(EL_c, EL_o)$ 。

在人类社会活动会产生燃料的燃烧过程中, 其排放的二氧化碳最后基本上为覆盖的大气、生态系统等吸收, 所以可以将上述公式进行改进:

$$EL_c = (2D_c / 3 - S_c) / (ab_i); EL_o = (2D_o / 3 - S_o) / (\beta b_i) \quad (4)$$

2.2.2 城市绿地碳氧平衡计算

(1) 碳释放量和耗氧量估算。

前文已经提到，生态系统的固碳释氧情况能够使用生物量方式进行计算。固碳的计算方式是绿地生物量与对应的含碳量相乘；释氧的计算方式是 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$ 具体计算过程不再赘述。碳释放量的计算公式如下：

$$\begin{aligned}\text{燃煤的碳释放量 (t/a)} &= \text{耗煤量} \times 0.982 \times 0.73257 \\ \text{燃油的碳释放量 (t/a)} &= \\ &\text{耗煤量} \times 0.982 \times 0.73257 \times 0.813 \\ \text{燃气的碳释放量 (t/a)} &= \\ &\text{耗煤量} \times 0.982 \times 0.73257 \times 0.561\end{aligned}\quad (5)$$

公式(5)中，0.982、0.73257、0.813、0.561 四个指标分别指代：氧化系数、生物碳含量、石油与煤的二氧化碳释放比、天然气与煤的二氧化碳释放比。

$$\text{人口呼吸的碳释量 (t/a)} = \text{人口总数 (人)} \times 0.079(\text{t/a})$$

其中，0.079 表示每人每年呼吸所释放的碳。

$$\text{土壤呼吸的碳释放量 (t/a)} = \text{每种植被的面积} \times \text{相应植被的土壤平均呼吸速率}\quad (6)$$

其中，森林的土壤平均呼吸率为 $6.47 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ；疏林和灌木林是 $5.67 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ；耕地是 $5.44 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。城市耗氧计算公式如下^[1]：

$$\text{燃煤的耗氧量 (t/a)} = \text{耗煤量 (t/a)} \times 32/12 \times 0.8$$

$$\text{燃油的耗氧量 (t/a)} = \text{耗油量 (t/a)} \times 24/7$$

$$\text{人口呼吸的耗氧量 (t/a)} = \text{耗气量 (t/a)} \times 160/44$$

$$\begin{aligned}\text{土壤呼吸的耗氧量 (t/a)} &= \text{土壤呼吸的碳释放量 (t/a)} \\ &\times 2.667\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{生物化学耗氧量 (t/a)} &= \text{人口总数 (人)} \times 0.004 \times 365 \text{ 天} \\ &\text{人口总数} \times 0.0146\end{aligned}\quad (7)$$

随着时代的发展，科学技术的进步，研究者均关注城市中的碳氧平衡的重大命题，并试图将碳氧平衡的方法引入到城市规划的实践中，从成果来看：生态学上的碳氧平衡测算，为城市规划的经济发展、产业布局、绿地系统的构建、生态景观建设和人居环境的改善提供科学依据和实践指导。在具体的计算中，绿地系统面积资料可以由遥感影像进行解译获得，也可以直接运用国土部门提供的土地统计数据测算；建成区的绿地面积可以采用园林局或城市规划管理部门提供的城市绿地统计面积

来测算；测算城市的耗氧与固碳需求的数据资料主要来自 a 于相关的统计年鉴。

(2)碳氧平衡法模型。

1989 年，在 IPCC 的学术研讨会上正式公布了“Kaya 碳排放恒等式”，即利用相对简单的数学公式将城市生活中的人口、经济和能耗等因子同人类的释碳的数据建立关系式^[3]，其内容为：

$$C = \sum iC_i = \sum iE_i / E \times C_i / E_i \times E / Y \times Y / P \times P \quad (8)$$

其中： C 为碳排放量； C_i 为一种能源的碳排放量； E 为一次能源的消费量； E_i 为 i 种能源的消费量； Y 为国内生产总值(GDP)； P 是指人口。

在研究的时候，主要使用了中科院所提供的碳释放量计算模型，并以此作为确定城市碳氧收支情况的依据，其基于“卡亚碳排放恒等式”、根据中国碳排放现状修改建立。依据城市发展报告：城市 CO_2 排放主要来源于交通、建筑、生活、第二产业等领域的能源消耗，因此为了验证 CO_2 排放和能量消耗之间的关系，可以由公式系数表示为：

$$\text{CO}_2 = K \times E \quad (9)$$

式中，系数 K 为碳排放强度， E 为不同类型能源消耗量。设 K 值恒定。中国现在采用较多的是能源燃料折算标准煤后 CO_2 排放系数为 2.42 ~ 2.72，所以本论文以每吨煤产生 2.45 吨二氧化碳的标准进行计算； E 按标准统一折算为标准煤。

其中，城市 CO_2 排放通过如下指标计算：国内生产总值、人口总数、 CO_2 与能源转变系数、GDP 产值能耗数值：

$$\text{CO}_2\text{排放量} = P \times (\text{GDP} / P) \times (E / \text{GDP}) \times (\text{CO}_2 / E) \quad (10)$$

式中， P 为城市的人口总数； E 为城市总能耗数据。

式中， P 为城市的人口总数； E 为城市总能耗数据。

以株洲为例进行计算：2010 年，株洲城区共计 106.3 万人，其人均 GDP 是 3.3 万元，而每一单位 GDP 可消耗 0.818 吨煤。因此株洲市辖区 CO_2 排放量 = $106.3 \times 3.3 \times 0.818 \times 2.45 = 703.01$ (万吨)。

CO₂ 吸收量计算：假设每公顷生态绿地每天吸收 CO₂ 1.767 吨，那么其年吸收量是 644.96 吨。故株洲 2010 年市区绿地面积 3903 hm²，可吸收 CO₂ 量 = 3903 × 644.96 = 251.72（万吨）。则株洲市辖区碳缺口比 = (703.01 - 251.72) ÷ 703.01 × 100% = 64.29%。

2.2.3 绿地生态功能评价指标

可根据城市的市区碳缺口比值大小和生态绿地的缺口数据，遴选出绿地的结构、绿化覆盖率、绿地均匀度、人均公共绿地、绿地率、本地种优势度等六个指标实施计算，其中城市草坪结构是根据 Romme 研究出的结论生成，本文中的草坪结构数据依据 2014 年《株洲统计年鉴》得出的株洲各类草坪总数、草坪覆盖率等得出的取值，依靠实地调查生成绿地结构和本地种优势度的相关数据。

绿地均匀度计算公式为：

$$E = (H / H_{\max}) \times 100\% \quad (11)$$

式中， E 为均匀数值； H 为测试完成的数值。 H 和 $H_{\max}$ 的计算公式为：

$$H = -\log \left[\sum_{i=1}^I p(i)^2 \right] \quad (12)$$

$$H_{\max} = \log(T)$$

式中， $P(i)$ 表示绿地的类型； i 为株洲市绿地总面积的比例； T 为株洲市绿地类型的总数。

$$I_{\phi} = X_{\phi} / R_i \quad (13)$$

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^[6]；通过均匀数值计算，为每个形状面积来除以半径为 1 的形状元素，其面积可以生成不同阶段的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功能越完整。计算公式如下：

$$IC_j = S_j / S_i \tag{14}$$

式中， S_j 为第 j 阶段的多边形面积； S_i 为半径为 1 的正 i 边形的面积。 IC_j 为第 j 阶段的综合指数。

在公式(14)的基础上，我们可以设定一个四级分类方式来对整个城市的绿地系统实际生态能力进行评定，从而得出相应的结论。其对应的分类标准与评定方式如表 3 所示。

表3 城市绿地生态功能分级		
定性评价类型	指数取值区间	所属等级
生态功能优秀	[0.75, 1.0]	1
生态功能良好	[0.5, 0.75]	2
生态功能一般	[0.25, 0.5]	3
生态功能很差	[0.0, 0.25]	4

3 分析与评价

3.1 株洲市碳氮平衡分析

研究整理株洲统计年鉴的数据，计算株洲城市碳排放总量，分别获得株洲 2010~2014 年碳排放情况（表 4）。

表 4 数据表明：在 2010~2014 年，株洲市科技进步使得 GDP 上升过程中的能耗得到降低，但是二氧化碳的排放量并没有得到抑制，反而呈现出上升趋势。

整理株洲 2010~2014 年市区绿地总面积，以 1 公顷草地可以消除 1.767 吨二氧化碳，可以得到株洲 2010 年以来二氧化碳吸收能力（表 5）。在 2010~2014 年，株洲绿地面积一直在增加，城市的固碳能力也在增强。

应用城市碳排放量和碳吸收数据差额和公式计算得到株洲 2010 年以来碳缺口量和碳缺口数据比（表 6）。可以看到，从 2010 年开始株洲碳缺口就不断增加，并呈现出明显的上升趋势。而 2011 年的缺口比已经不足 60%，2012 年的这一数据已经变为 70.23%。

表4 2010~2014年株洲市市区CO₂排放量

年份	人口数 / 万	人均 GDP / (万元 / 人)	单位 GDP 能耗 / (吨标准煤 / 万元)	K 值 / CO ₂	CO ₂ 排放量 / 万吨
2010	98.05	2.45	0.888	2.45	525.02
2011	100.2	2.94	0.846	2.45	610.59
2012	106.3	3.3	0.818	2.45	703.01
2013	114.2	4.05	0.789	2.45	892.5
2014	120	4.87	0.772	2.45	1106.33

表5 2010~2014年株洲市城区CO₂吸收量

年份	绿地面积 / 公顷	吸收性能 / (吨 / 公顷 · 年)	可以消除 CO ₂ 数量
2010	3308	644.96	213.35
2011	3542	644.96	228.44
2012	3903	644.96	251.01
2013	4512	644.96	291.01
2014	5106	644.96	329.31

表6 株洲市城区2010~2014年碳氧平衡指数缺口统计

年份	CO ₂ 产生值 / 万吨	CO ₂ 吸收值 / 万吨	碳缺口量 / 万吨	碳缺口比 / %
2010	525.02	213.35	311.67	59.36%
2011	610.59	228.44	382.15	62.58%
2012	703.01	251.72	451.29	64.29%
2013	892.5	291.01	601.49	67.39%
2014	1106.33	329.31	777.02	70.23%

株洲生态绿地缺口分析：根据表 7 可知，株洲市 2010~2014 年绿地系统缺口量呈整体上升趋势。在 2013 年其对应的绿地缺口达到 0.93 万 hm²。可见，株洲市必须充分重视城市生态失衡问题，从而构建生态两型社会。

表7 2010~2014年株洲市市区绿地系统缺口情况

年份	碳缺口数据 / 万吨	年度碳吸收能力 / (吨 / 公顷)	绿地缺口数据 / 万公顷
2010	311.67	644.96	0.48
2011	382.15	644.96	0.59
2012	451.29	644.96	0.7
2013	601.49	644.96	0.93
2014	777.02	644.96	1.21

3.2 碳氧平衡下株洲市绿地生态功能评价分析

考邊到城市基本碳氧平衡的维持，加上工业发展的氧气消耗，人均 15m² 的公共绿地指标比较合理。从另一方面来说，考虑到城市热岛效应和理想生态碳氧平衡的目标需求，国外相关领域内的专家认为科学的绿化覆盖率最好为 50%左右 m，按照数据的可获得性，结合株洲市实际的 CO₂ 排放和绿地缺口情况制定了生态性绿地规划指标体系（表 8）。

表8 株洲市市区绿地系统生态规划指标体系

指标	2010	2011	2012	2013	2014	参考值
绿化覆盖率 /%	39.74	40.70	41.04	41.23	41.40	50
绿地率 /%	37.88	38.10	39.03	39.21	39.28	50
人均公共绿地 /m ²	9.26	10.16	10.21	10.38	10.71	15
绿地结构	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	1.0
绿地均匀度	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	1.0
本地种优势度	0.89	0.9	0.91	0.91	0.92	1.0

将表 8 中的绿地及每一年生态数值进行量化，可以得到任何一个阶段的综合数值(表 9)。研究表明，2010 年株洲市生态指标数值是 0.467，应当归并到 3 类的范畴，生态服务功能一般。可见通过生态规划和绿地建设，使得整个城市的生态指数大幅上升。

表9 株洲市区绿地系统生态功能评价指数

指标	2010	2011	2012	2013	2014
绿化覆盖率(I_1)	0.795	0.814	0.821	0.825	0.828
绿地率(I_2)	0.758	0.762	0.781	0.785	0.788
人均公共绿地(I_3)	0.617	0.677	0.681	0.714	0.714
绿地结构(I_4)	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750
绿地均匀度(I_5)	0.450	0.500	0.550	0.600	0.650
本地种优势度(I_6)	0.890	0.900	0.910	0.910	0.920
综合指数(I_c)	0.467	0.491	0.526	0.568	0.617



图2 碳氧平衡模型

根据以上研究分析及数据，可以将本文研究绿地生态功能评价机制的工作总结为图 2。

4 结论

本文以株洲市为例,根据生态学、景观生态学和城市生态绿地系统规划的理论指导,采用碳氧平衡原理,对株洲市生态绿地系统功能及需求实施了评价分析探究,定量化获取了株洲市绿地缺口。对绿地进行有效评价,可为选择合适的绿地类型和合理的管理方式提供科学的依据。

基于碳氧平衡模型计算,从宏观上评价分析株洲市绿地系统近年来的发展,可知近五年株洲城市碳缺口比重逐年上升与城市化进程加速紧密相连,其中绿地建设不足及碳排放起主要作用,短期来看,人类的社会经济活动引起生态破坏和粗放型的发展影响较大。

以碳氧平衡作为研究的重要内容,通过微观角度对城市的绿地系统进行详细的观察我们可以得知株洲绿地系统主要存在如下问题:从近五年绿地均匀度值和绿地结构值基本低十 0.75 可知,株洲城市绿地斑块破碎化程度较高,内部结构存在相当的不合理性,影响了生态评价的综合指数,短期内发展受限。

(3)探寻城市绿地系统生态评价机制,以株洲这类城镇化效率偏高,经济发展势头良好的国内二线城市为例,具有一定的典型性,此绿地生态评价机制具有准确性,科学性与可执行性,对于我国城市碳氧平衡生态研究和国土安全空间开发有一定的实际意义。

除此以外,本文研究还有不少需要改进的地方,还需要按照不同区域在社会经济状况、生态环境差异水平和气候方面的具体特点来组建绿地功能标准的评价指标系统。在生态评价的基础上建立绿地系统不同尺度的评价指标体系。除生态功能评价外还需加强对社会、经济功能评价指标量化研究。并通过长期的实证对指标体系进行检验和修正。

参考文献:

- [1]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.
- [2]彭违,汪安,刘焱序,等.城市生态用地需求测算研究进展与展望[J].地理学报,2015(2):333~346.
- [3]张旺,赵先超.中国主要城市低碳化发展指数的测度与分析[J].城市发展研究,2012(4):11~16.
- [4]孙 S 宗.中国城市化与生态环境协调发展研究[D].长春:吉林大学,2011.

[5]何常清.基于碳氧平衡分析的张家港市生态保护用地量研究[A]/中国城市规划学会.转型与重构—2011中国城市规划年会论文集[C].南京:东南大学出版社,2011.

[6]曲艺,舒帮荣,欧名豪,等.基于生态用地约束的土地利用数量结构优化[J].中国人口·资源与环境,2013(1):155~161.

[7]张颖,王群,李边疆,等.应用碳氧平衡法测算生态用地需求量实证研究[J].中国土地科学,2007(6):23~28.