

文章编号:1001-4098(2013)10-0123-04

# 城市生态绿网的系统设计<sup>\*</sup>

袁敬

(北京林业大学,北京 100083)

**摘要:**如何系统构建城市生态绿网系统及子系统,目前并没有统一的模式,已有研究多是根据个别城市自身情况具体设计,其通用性有限。本文采用系统工程的研究方法,以城市生态容量指标为基础,针对一般性城市生态绿网系统的共性生态特征,探析具有参照性和普适性的生态绿网系统建设模式,并提出相应的建议,以期系统改善城市生态环境,提升城市生态承载力,引导城市的可持续发展。

**关键词:**生态容量;生态足迹;城市生态绿网;建设模式

**中图分类号:**F062

**文献标识码:**A

## 1 问题的提出

近年来,我国经济飞速发展,城市建设现代化水平越来越高,然而,经济的繁荣和人口的膨胀使得城市生态问题逐渐暴露,并对我国城市生态文明建设乃至城镇化建设形成严峻考验。

2012年《中国生态足迹报告》的统计数据显示,我国大陆区域人口的生态承载力存在明显的地区性差异,只有西藏等六个偏远省份为生态盈余,而通过对生态赤字省份的研究则表明,其余约3/4省份生态赤字的产生是碳足迹吸收赤字所致<sup>[1]</sup>。中科院地理科学与资源研究所的相关调查报告显示,城镇化水平对生态足迹起驱动作用。在此作用下,中国区域性人口人均生态足迹,城镇地区均高于本地的农村地区,并且随着城乡富裕程度的临近,城乡结合部与农村的生态承载力挑战也日益凸显,而这些地区同样面临着交通网络效率低下、基础设计占地过多而沿基础设施绿色空间占地不足,耗能日益加剧等问题。上述问题必将对生态承载力形成巨大的挑战,对于城市而言,实现更加合理的城市规划,必须创造更多的条件来控制生态足迹增长的潜在空间,妥善解决当前或潜在的生态问题,以保证城镇化进程的顺利推进,实现居民安居乐业。

作为城市生态文明建设的重要部分,城市生态绿网系统为城镇的健康发展保留足够的生态用地,满足生态容量控制,与周边用地相协调,构建发挥城市生态系统服务功能的城市河道绿色空间,优化用地规模和结构形态,缓解

并消除城市发展和人类生产生活对自然环境的不利影响,并提升自然环境自身的修复能力,是解决城市环境问题的有效途径。然而,如何系统构建城市生态绿网系统及子系统,目前并没有统一的标准,已有研究多是根据个别城市自身情况具体设计,其通用性有限。基于此,本文采用系统工程的研究手法,针对一般性城市生态绿网系统进行分析 and 设计,分别构建具有参照性和普适性的子系统模式,并提出相应的建议与预期。

## 2 城市生态绿网系统设计

城市生态绿网系统立足于城市的自然特征,结合自然人文多方面因素,是以点、线、面绿色空间结构为形式全面覆盖市域的多层次多功能生态系统。该系统通过数据分析和科学规划,并结合城市发展目标,整合城市生态布局、协调各类用地需求、构建城市生态防护屏障。在构建城市生态绿网系统过程中,根据各类用地的自然特征和资源特点,分别纳入城市绿地子系统、农田子系统、湿地子系统、森林子系统等生态绿网系统子系统。城市生态绿网系统的设计应根据各子系统生态特征和生态效益模式,划定绿线范围并规划绿地建设模式,并协调各子系统间的关系,发挥系统功能最大化。

### 2.1 城市绿地子系统模式设计

城市绿地子系统包含了建成区内园林绿地、生产绿地、防护绿地和其他公共绿地,其设计主要串联市域内各类城市园林绿地以构建绿色基础设施网络,加快由单一的

<sup>\*</sup> 收稿日期:2013-05-27;修订日期:2013-08-29

作者简介:袁敬(1983-),女,湖南人,北京林业大学园林学院研究生,研究方向:城市规划,风景园林设计。

园林化美观功能向综合绿化美化、生态保护、雨洪管理等多功能相结合转变,提高公共绿地的植被覆盖率;生产绿地鼓励在苗圃、花圃、草铺中增加抗性较强的乡土植物品种生产以满足绿化需求,保证植物群落的稳定性;防护绿地建议在满足相应卫生、隔离、安全需求的防护功能下适当增加防护绿地的生物多样性,在局部现状条件良好的节点处规划设计满足多种动植物健康生存的栖息地,营造出小气候良好的动植物栖息地及迁徙廊道;自然湿地应严格保护自然湿地面貌以满足滞水、净水、生物栖息等过程的

需求;城市建成区内的山林与平原林应禁止任何破坏行为,采用科学生态的手段恢复已破坏的山林地与平原林地,增加山林地和平原林地的乡土植被,提升其观赏性,构建低成本、低维护、高生态价值的乡土植被群落景观。

此外,本文针对城市绿地子系统的设计提出了相应的评价体系和数学模型,用于反映整个城市绿地系统的综合效益,即可以反应各绿地所具有的生态功能,也便于规划部门制定绿化规划目标。表1为城市绿地景观指标体系。

表1 城市绿地景观指标体系

| 一级指标                                    | 二级指标                     | 三级指标                       | 四级指标                       |
|-----------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 城市<br>绿地<br>景观<br>指标<br>评价<br>体系<br>(A) | 生态功能指标 (B <sub>1</sub> ) | 景观破碎度 (C <sub>1</sub> )    |                            |
|                                         |                          | 景观多样性 (C <sub>2</sub> )    | 景观多样性指数 (D <sub>1</sub> )  |
|                                         |                          | 物种丰富度 (C <sub>3</sub> )    | 景观均匀度指数 (D <sub>2</sub> )  |
|                                         |                          | 绿地连续性 (C <sub>4</sub> )    | 景观优势度指数 (D <sub>3</sub> )  |
|                                         | 环境效益指标 (B <sub>2</sub> ) | 乔灌木结合度 (C <sub>5</sub> )   |                            |
|                                         |                          | 吸收有害气体量 (C <sub>6</sub> )  |                            |
|                                         |                          | 滞尘状况 (C <sub>7</sub> )     |                            |
|                                         |                          | 固碳释氧功能 (C <sub>8</sub> )   |                            |
|                                         | 景观评价指标 (B <sub>3</sub> ) | 水源涵养功能 (C <sub>9</sub> )   |                            |
|                                         |                          | 景观布局协调性 (C <sub>10</sub> ) |                            |
|                                         |                          | 景观文化价值 (C <sub>11</sub> )  |                            |
|                                         |                          | 景观游憩吸引度 (C <sub>12</sub> ) |                            |
|                                         | 定量指标 (B <sub>4</sub> )   | 公共绿地面积 (C <sub>13</sub> )  | 人均公共绿地面积 (D <sub>4</sub> ) |
|                                         |                          | 绿地率 (C <sub>14</sub> )     |                            |
|                                         |                          | 绿化覆盖率 (C <sub>15</sub> )   |                            |
|                                         |                          | 绿量 (C <sub>16</sub> )      |                            |

其中,功能指标B<sub>1</sub>是从生态功能的角度类评价绿地系统规划,包含景观破碎度指标(C<sub>1</sub>)、景观多样性指标、物种丰富度指标及绿地系统连续性指标等子指标。

景观破碎度指标能够反映景观绿地的破碎程度,如果C<sub>1</sub>则可评价该绿地生态系统的有机性及抗干扰性较低,同时物种的生存质量较低。一般按照单位面积中斑块分布密度来评价景观破碎程度,计算如下:

$$PD = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^m N_i, PD_i = \frac{N_i}{A_i}$$

式中,PD为景观总体斑块密度;PD<sub>i</sub>为第i景观要素斑块密度;m为单位空间景观要素类型总数;N<sub>i</sub>为第i景观要素斑块个数;A<sub>i</sub>为第i类景观要素总面积;A为研究范围内景观总面积。

景观多样性指标C<sub>2</sub>反应城市绿地多样性程度。单位空间区域内,各类绿地构成的生态系统之间呈现动态镶嵌的格局,景观类型的多样性决定了绿地生态系统中生物资源丰富度以及物种的多样性程度。景观多样性指标同样具有一些子指数,包括景观多样性指数(D<sub>1</sub>)、景观均匀度指数(D<sub>2</sub>)、景观优势度指数(D<sub>3</sub>)等。

各景观要素比例变化。如果多样性指数为0,则表示景观由单一要素均质构成;当由多个景观要素构成,各组分景观类型所占比例相等时景观多样性高;而组分景观类型所占比例差异性较大,则景观多样性下降。

用来评价景观多样性指数的指数形式较多,最常用的是Shannon-Weaner指数:

$$H = - \sum_{i=1}^m AP_i \log_2 AP_i, AP_i = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{A_{ij}}{A}$$

式中,H为Shannon-Weaner指数,AP<sub>i</sub>是第i类景观要素面积所占景观总面积比例。

景观均匀度指数(D<sub>2</sub>)用来描述系统中不同景观类型的分配均匀程度。D<sub>2</sub>其实就是景观多样性指数(H)与最大多样性指数(H<sub>max</sub>)的相对比值。计算如下:

$$E = \frac{H}{H_{max}}, H_{max} = -\log_2 \frac{1}{m}$$

景观优势度指数(D<sub>3</sub>)是表示景观多样性与最大化多样性之间的偏差。景观群落中某一类景观要素的优势度越高,则表明该类景观要素受控制程度越高;如果不存在明显优势的景观要素,则表明景观具有较高的异质性;假如景观优势度等于0,则表示组成景观群落的各种景观要素

类型所占比例相等。景观优势度指数计算公式为:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m AP_i \ln AP_i$$

其中, $D$  为优势度指数, $H_{\max}$  为景观所可能拥有的最大多样性指数。

物种丰富度( $C_3$ ) 是用来反应生物多样性的指标之一,通过实际统计城市中生物物种总数与该城市所在省份物种总数相比而得到。

绿地连续性( $C_4$ ) 是反应城市绿地与城市中水网、路网的连续性与结合性、同时反应绿地网络连续程度的指标。本文中关于绿网规划设计的出发点也是基于  $C_4$  指标来改善原有绿地破碎、无机的状况,以量化手段分析解决生态赤字问题。对于绿地连续性的具体评价方法一般采取专家评分法,按照以下五个级别来进行等级划分:

I 级:绿地连续性高。城市基础设施周边具有结构合理的绿地分布,并且绿地之间有机联系,通过合理的绿化廊道联系。评分分数在 0.8~1.0 分评分为 I 级。

II 级:绿地连续性较高。水网、路网周边 75% 以上分布结构合理的绿地空间,并且绿地之间有一定数量的绿化廊道联系。评分分数在 0.6~0.8 分评分为 II 级。

III 级:绿地联系度中等。水网、路网周边 50% 以上分布结构合理的绿地空间,并且附有绿化廊道联系。评分分数在 0.4~0.6 分评分为 III 级。

IV 级:绿地联系度较差。河流及道路等基础设施两旁绿地较少,组成结构简单,与其他绿地之间的联系性较差。评分分数在 0.2~0.4 分评分为 IV 级。

V 级:绿地连续度差。河流、道路两旁绿地分布很少,结构单一,与其他绿地之间连续性很差。评分分数在 0.0~0.2 分评分为 V 级。

通过评分来反应沿河流、道路周边的绿地连续性,针对不同情况分别拟定改善措施。城市绿地系统不发达的区域,应该整合完善绿色基础设施,为城市居民带来生态效益与经济效益,从而保障绿色网络的连贯性与完整性。在城市建设用地紧张的情况下,应当充分利用城区和城郊废弃棕地和荒地,改造成城市绿地空间。

该设计一方面节约土地资源,提升废弃地及周边用地经济价值,促进城市更新和旧城复兴;另一方面,建设公园绿地能够改善工业生产遗留物造成的土地污染。在建设过程中,根据具体情况对土壤基质进行一定的物理、化学改良;恢复绿化,初期以先锋物种为主,然后逐年补种其他植物(选择抗、耐性强、低养护、乡土植物种类),最终形成稳定群落;鼓励结合低洼地营造滞水池,以发挥生态防洪功能,同时有助于改良土壤基质。

2.2 农田子系统模式设计

农田子系统<sup>[8]</sup> 包含了区域范围内集中成片的农田区域,其模式设计应满足农业生产和生态功能的双重要求:

一是根据人口和社会经济发展具体情况对农产品的需求,划分不得占用的基本农田保护区。二是改善农田生产模式,提倡绿色循环经济,引导农业生产向低污染、有机生态和无公害方向发展。减少农药和化肥对土壤、水源的影响,保护环境;在满足人类生活需求和生态安全的前提下,推广经济林结合农田防护林生产模式,丰富农田生态群落,以提升其绿色生态效益。此外,为防止农田遭受风沙及其他自然灾害侵袭,有效改善农田小气候环境,可以构建带状防护林,构成农田防护林系统。构建模式一般有三种结构,即紧密结构、疏透结构、通风结构。

紧密结构一般不适用于风沙区,其带幅较宽,栽植密度较大,一般由乔木、灌木组成。其特点是在生叶期间从林冠到地面都透光性较差,但防风性较好。透光度接近零,透风系数在 0.3 以下。

疏透结构适用于风沙区,其防护效果大于紧密结构,防护距离小于通风结构,特点是带幅较窄,行数较少。组成结构一般由乔木组成两侧或一侧的边行配置一行灌木(也可不配置灌木)。适宜透光度为 0.3~0.4,透光系数为 0.3~0.5,防护效果在 5H 范围内为旷野的 26%,10H 范围内为 31%,20H 范围内为 46%。

通风结构适用于风速不大的灌溉区或风害不严重的壤土农田或无台风侵袭的水网区。无论林带幅度、行数、栽培密度等都少于前两者。一般仅由乔木组成而不配置灌木。林冠层有均匀透光空隙,下层树干形成很多通风孔道,较易受风蚀。生叶期透光度为 0.4~0.6,透风系数大于 0.5,防护效果在 5H 范围内为原来风速的 29%,10H 范围内为 39%,20H 范围内为 44%,30H 范围内达 56%,防护距离最远。

在非基本农田区域,与生态安全重点区域结合考虑,推行退耕还林措施,减少农业耕作对土壤和自然环境造成的压力,结合当地特点设置符合当地自然条件的农田防护林结构,实现生态效益与经济效益最大化。

2.3 湿地子系统模式设计

湿地子系统的设计<sup>[9,10]</sup> 从以下方面入手:一是通过生态修复手段改造渠化河岸,运用可渗透环保材料和乡土湿地植物构造人工湿地环境,满足城市蓄水排洪、净化水源和景观美化等多方面需求,并重新打通城市水循环途径。二是保护现存的湿地资源和自然的动植物生态群落,减少人类活动对负面湿地影响,禁止在湿地中进行破坏性的生产活动。被破坏的湿地植被群落,重点补充个土湿地植物,重现具有地域特色的湿地环境。三是在现有水域周边划定湿地资源保护范围,依据各地块的生态环境条件和动植物多样性条件划分可开发、适度开发和禁止开发等级别,编制保护条例。

根据生态原理,将城市内部河流和湖泊周边的 15~50m 建设区归入生态绿网湿地子系统,建设以湿地群落为

主的绿色空间,优化植物群落,增加植物层次,并保留安全的行洪空间,为洪水蓄积留下足够空间,减少危害。

此外,应保护城市沿海区域的河口、滩涂等生态系统脆弱区域的生态多样性。限制滩涂开发、禁止开展各种工业、禁止围垦造田、限制水产养殖;保护生态环境与生物多样性、重点保护河口湿地、鼓励依托滩涂规划和申报自然保护区、保护并增加潮上带防护林、形成防护林系统;在不影响生物栖息的情况下,允许在特定区域开展适当的滨海生态休闲旅游。

2.4 森林子系统模式设计

森林子系统的设计<sup>[1]</sup>主要从以下方面入手:一是整合现有森林资源。运用生态廊道将被城市建成区分割的森林斑块沟通联系,建立生态走廊和踏脚石,使区域内森林生态效益最大化。二是荒山复绿,在过度开垦和砍伐的荒山上种植以当地乡土植物为主的人工先锋植物,逐渐恢复生态群落。三是在汇水区营造森林子系统,系统功能保护涵养水源和水土保持。按保护级别需求规划禁止建设区域和部分建设区域。

在重点生态防护区域营造防护林,通过绿色基础设施手段,解决城市环境问题,不仅能够提供城市系统内的生态效益,还能节约生态成本。此外,可采用下树方法评估森林生态效益,即针对山区森林的保持土壤功能价值、蓄积养分功能价值、涵养水源功能价值以及针对所有森林的吸收CO<sub>2</sub>、释放氧气价值计算、吸收二氧化硫功能价值、减少噪音功能价值、保护野生动物功能价值、减少地质灾害功能价值、森林景观休闲功能价值等。

3 结语

本城市生态绿网系统的设计从生态学的角度出发,结合系统工程思想,考虑系统整体作用,并具体到城市绿地、农田、湿地以及森林等各个子系统,通过分析不同子系统的生态效益和生态特征,参考不同生态条件和生态法规,运用更加全面、科学。合理的手段和方法进行规划和决策,

力求利用生态系统潜在的自然特征及地形条件,把生态与经济要求结合起来,实现最合理地保护和经营利用生态资源,将整个系统构建成为可持续的、多样化的、生机勃勃的生态系统,能够有效减少无序城市化的威胁。除此之外,本文强调保护自然体系的完整性,保障系统各个部分具有良好的生态调节性和彼此之间的有机性,力求系统改善城市生态环境,提升城市生态承载力,引导城市的可持续发展,这对于实现我国城市的经济发展和生态平衡均具有一定的参考价值和现实意义。

参考文献:

[1] 谢高地等. 中国生态足迹报告[Z]. 2012.  
[2] 张彦英, 樊笑英. 生态文明建设与资源环境承载力[J]. 中国国土资源经济, 2011, 24( 4) : 9~12.  
[3] 石月珍, 赵洪杰. 生态承载力定量评价方法的研究进展[J]. 人民黄河, 2005, 27( 3) : 6~8.  
[4] 赵先贵等. 陕西省生态足迹和生态承载力动态研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38( 4) : 746~753.  
[5] 林秀波. 基于“生态足迹”的威海市土地可持续利用研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2006.  
[6] 石月珍, 赵洪杰. 生态承载力定量评价方法的研究进展[J]. 人民黄河, 2005, 27( 3) : 6~8.  
[7] 周之灿. 我国“基本生态控制线”规划编制研究 [J]. 城市地理· 城乡规划, 2011, ( 3) : 62~66.  
[8] 国务院. 基本农田保护条例[N]. 中国土地报, 1994.  
[9] 李飞, 郜风涛, 周英. 中华人民共和国水土保持法释义[Z]. 2011.  
[10] 李鹏, 李占斌, 郑良勇. 植被保持水土有效性研究进展[J]. 水土保持研究, 2002, 9( 1) : 76~80.  
[11] 蔡春菊, 彭镇华, 王成. 城市森林生态效益及其价值研究综述 [J]. 世界林业研究, 2004, 17( 3) : 17~20.

Urban Ecological Green-net Planning and Its Construction Mode

YUAN Jing

( Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Taking the ecological green space planning perspective and the research methods of system engineering, this paper analyses urban environment and makes an Urban Ecological Green Space Planning. Considering the ecological capacity, the Urban Ecological Green Space Planning constructs the urban ecological green system and other subsystems to improve the urban ecological environment, enhance urban ecological carrying capacity, and guide the sustainable development of urban areas.

**Key words:** Ecological Capacity; Ecological Footprint; Urban Ecological Green-net; Construction Mode