

应用 CITYGREEN 模型评估深圳市绿地 净化空气与固碳释氧效益

陈 莉¹, 李佩武¹, 李贵才^{2,*}, 苏 笛¹, 袁雪竹¹

(1. 天津师范大学城市与环境科学学院, 天津 300384; 2. 北京大学深圳研究生院, 深圳 518055)

摘要: 基于深圳市 1990、1995、2000、2005 年 4a 解译、分类的遥感影像, 以 ARCVIEW 软件为平台, 利用 CITYGREEN 模型中的净化空气和固碳释氧模块, 计算深圳市 1990、1995、2000、2005 年 4a 的各景观生态功能区绿地系统的生态服务价值。研究表明: 在净化空气方面, 四年的生态服务价值依次为 2039.42 万元、3325.79 万元、2025.2 万元、2980.61 万元, 生态敏感型支持功能亚区的生态服务价值最高, 依次为 214.83 万元、167.55 万元、217.57 万元、174.19 万元; 在固碳释氧方面, 4a 的生态服务价值依次为 446916 万元、454994 万元、447135 万元、407771 万元, 生态协调区中的西部沿海农工协调亚区的生态服务价值最低, 依次为 556.85 万元、951.59 万元、535.21 万元、690.53 万元。反应出绿地系统是城市中重要的生态系统, 具有显著的生态服务价值。深圳市各景观生态功能区绿地的生态服务价值的不平衡性与城市化进程相关。

关键词: CITYGREEN 模型; 净化空气; 固碳释氧; 生态服务价值

文章编号: 1000-0933(2009)01-0272-11 中图分类号: Q14, Q948 文献标识码: A

Application of CITYGREEN model in air purification, carbon fixation and oxygen release by greenbelt system of Shenzhen City

CHEN Li¹, LI Pei-Wu¹, LI Gui-Cai^{2,*}, SU Di¹, YUAN Xue-Zhu¹

1 College of Urban and Environment Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300384, China

2 Institute of Graduate Studies, Beijing University, Shenzhen 518055, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0272 ~ 0282.

Abstract: Based on the interpreted and classified remote sensing images of Shenzhen in 1990, 1995, 2000, and 2005, and the platform of ARCVIEW, with the application of the air purification, carbon fixation and oxygen release modules in the CITYGREEN model, the estimation is made on the ecosystem service function value of greenbelt system in Shenzhen city. The research showed that, in the aspect of air purification, the values of ecosystem services from 1990 to 2005 were ¥2.0394 million, ¥3.3258 million, ¥2.0252 million, and ¥2.9806 million, respectively. The values of ecology sensitive support functions area which were ¥0.2148 million, ¥0.1676 million, ¥0.2176 million, and ¥0.1742 million were the highest. As to carbon fixation and oxygen release, the values of ecosystem services for each year were ¥4469.16 million, ¥4549.94 million, ¥4471.35 million, and ¥4077.7 million respectively. The values of western coast agro-industrial coordination area which were ¥0.5569 million, ¥0.9516 million, ¥0.5352 million, and ¥0.6905 million were the lowest. The results showed that urban greenbelt system was of great importance in urban ecosystems, with notable ecosystem service function values. The research also showed that, due to the unbalanced urbanization, there was high regional differentiation in all landscape ecological functional areas in Shenzhen City.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40571051)

收稿日期: 2008-01-15; 修订日期: 2008-06-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ligc@szpku.edu.cn

Key Words: CITYGREEN model; air purification; carbon fixation and oxygen release; ecosystem service function value

城市绿地系统的生态服务功能是指绿地生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件和效用^[1]。在城市这个人口高度集中和土地利用率高的区域,城市绿地系统具有调节气候、改良土壤、保持水土、防风固沙、涵养水源、美化环境、净化空气、防止噪音等多种生态服务功能,而固碳释氧和净化空气是城市绿地系统生态服务功能中的重要内容。城市绿地在光合作用中能够固定大气中的 CO₂, 因此对缓解大气 CO₂ 浓度升高有重要作用。不少学者对区域的固碳释氧价值的总量进行了研究,胡会峰^[2]等利用生物量法估算出中国天保工程新增人工林在 1998~2002 年的 5a 间累计固碳量;谢红霞^[3]等运用生产力模型和造林成本法分析比较了陕北黄土高原植被 1986 年、1996 年和 2001 年固碳释氧价值的总量。尽管城市绿地在降低大气 CO₂ 浓度、提高城市环境质量方面有很重要的作用,但目前学界对城市绿地系统固碳释氧、净化空气的能力以及对其价值评估方面的研究较少。

CITYGREEN 模型是 1996 年美国林业署研制开发的基于 ARCVIEW 平台计算城市绿地生态服务价值的扩展模块。从 1.0 版本至今已经经过了数次版本升级,每次升级都重新集成了 U. S. Forest Service 和 Lawrence Livermore Laboratory 在生态服务价值计算上的最新研究成果,并在最新的 5.2 版本里,提供了对遥感或航片数据的分析功能,支持对某一范围内的城市绿地随时间变化进行跟踪监测,从而增加了在较大尺度范围内计算城市绿地生态服务价值的效率和准确性^[4,5]。目前,CITYGREEN 模型在国际上尤其是美国等发达国家得到了广泛的应用,美国林业属采用该模型对包括 Atlanta, Georgia; Austin, Texas 等 10 个城市的生态分析^[6]。William D. Solecki 等^[7]利用 CITYGREEN 模型探讨城市绿地与城市热岛现象及全球变暖之间的关系,并估算城市绿地在节约能源中的经济价值。该模型对我国城市绿地生态服务功能研究具有一定的促进作用^[8~11]。

准确估计森林等城市绿地的生态效益,是建设宜居城市、和谐社会的重要基础。本研究基于深圳市 1990、1995、2000、2005 年的遥感影像结合深圳市景观生态功能区划分,利用 CITYGREEN 模型计算城市绿地系统在各景观生态功能分区中净化空气和固碳释氧的生态服务价值,为深圳市绿地生态系统服务功能的评价提供科学的依据,对深圳市各生态功能区的建设具有一定的指导意义。

1 研究区概况及深圳城市景观生态功能区体系

深圳市地处广东省中南部沿海,位于北回归线以南,陆地范围为东经 113°45'44"~114°37'21",北纬 22°26'59"~22°51'49"。东临大亚湾和大鹏湾,西濒珠江口伶仃洋,北靠东莞市和惠州市,南接香港新界,与香港特别行政区仅一河之隔。陆地总面积为 1952.84km²(不包括内伶仃岛),海岸线长 229.36km。市域范围由深圳经济特区和宝安、龙岗两区组成。

深圳滨临南海,地势东南高、西北低,地貌类型多样,有低山、丘陵、平原、台地,其中丘陵面积最大。深圳地处北回归线以南,全年高温多雨,属亚热带海洋性季风气候,年平均温度 22.4℃,年降水量 1948mm,夏季常有台风出现。市内共有大小河流 160 多条,多数河流长度短,集水面积小,集水面积超过 100 km² 的河流仅有 5 条。地表水资源相对短缺。深圳市的土壤主要分为 6 类,有山地黄壤、山地红壤、赤红壤、滨海砂土、南亚热带水稻土、滨海盐渍沼泽土。其中以赤红壤分布最广。代表性植被类型为热带雨林型的常绿季雨林,由于地处热带边缘地区,所以植被既呈现出热带性的各种特征,又显出热带和亚热带之间的过渡性。

生态服务功能,是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[12~14]。为了突出绿地系统的生态服务功能,本研究按照城市景观生态功能区体系将深圳进行划分,以便更为详尽的对深圳市各景观生态功能分区的生态服务功能进行研究。

根据对深圳市景观格局特征及其变化和驱动机制的分析,对景观生态系统健康状况的评价,并在自然因素和人类活动对深圳市景观格局和生态过程的影响分析的基础上,把深圳市景观生态功能区做以下划分:包括 3 个功能区和 6 个功能亚区的二级分类系统(图 1)^①。

① 引自:深圳市国土资源调查与综合评价——城市景观生态评价专题

2 数据准备与处理

2.1 数据准备

本研究的原始数据包括:深圳市 1990、1995、2000 年已分类的遥感影像 (GRID 格式);深圳市 2005 年 TM 遥感影像;深圳市 2005 年分辨率为 0.3m 的航片;深圳市 2003 年土地利用现状图;深圳市 2005 年行政区划图。

2.2 数据处理

利用 ERDAS 软件对深圳市 2005 年 TM 遥感影像进行拼接,并对图像进行增强处理,再利用 ERDAS 软件的 indices 模块,计算深圳市的 NDVI 指数。并在 Arcmap 中进行分级,采用监督分类的分类方法,在 ERDAS 软件中,结合深圳市 2003 年土地利用现状图,NDVI 指数图,进行人工目测判读。分别选取不同土地类型的训练样区,把深圳市的土地分为 9 类,分别为农田、园地、林地、城建用地、水域、滩涂、推平未建地、其它未利用地、草地。根据城市绿地分类标准 CJJ/T85-2002 的规定,把林地、园地和草地归为城市绿地。

而在本研究的生态服务价值计算中主要考虑林地的作用。先后运用 ERDAS 中 sieve, clump, elimnate 三个模块功能,进行分类后处理工作,通过目视判读,对由于同谱异物,同物异谱所产生的明显的分类错误,采用手动调整的方法进行修正。去除由于遥感图像分类产生的过小的斑点。将所得的遥感影像转成 GRID 格式。在 ArcGIS 环境下,通过人机交互目视检验,选取随机坐标点,与 2005 年 0.3m 深圳市航片及地形图进行比对,发现 90% 符合实际情况,故认为该分类可行。

3 CITYGREEN 模型应用

3.1 数据更新与参数选择

利用深圳市分区行政图将该文件作为图层加载,并通过添加 name 字段与 CITYGREEN 模型建立联系。在 Arcview 中,把 Map Units 和 Distance Units 均设置为 meters。study area 矢量文件取和已分类的 (Grid 格式) 遥感影像相同的投影类型。把栅格图象分类的类型与 CITYGREEN 中的类型进行匹配。分别把农田、园地、林地、城建用地、水域、滩涂、推平未建地、其它未利用地和草地升级到 CITYGREEN 模型的格式类型,从而完成数据升级。

模型参数的选择:

(1) 降雨量 (P)

P 值为研究区重现期 2a、延时 24h 的典型暴雨雨量。本文根据深圳市水文统计年鉴中从 1957 年到 2002 年的最大日降水量进行统计,并绘制深圳市最大日降水量频率曲线,得出 P 值为 234.03mm,即 9.2in。

(2) 坡度 (S)

S 为研究区域的百分比平均坡度。本文利用深圳市 DEM 高程数据,在 ARCGIS 中求得深圳市的平均坡度为 21.3%。故 S 值取 21.3。

(3) 暴雨时程分配类型

本文利用深圳市水文统计资料 (1957 ~ 2002 年),绘制雨量-时程曲线,得出整体趋势与 Type II 最为接近。故选择 Type II 做为深圳市的暴雨时程类型。

(4) 水文土壤类型

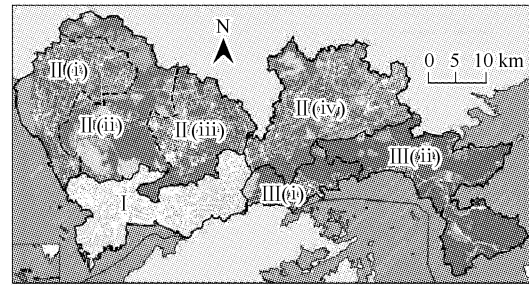


图 1 深圳市景观生态功能分区示意图

Fig. 1 Functional zoning of Landscape Ecology in Shenzhen

I: 文化支持区 Cultural support area; II: 生态协调区 Ecological coordination area; III: 生态支持区 ecological supporting area; II (i): 生态协调区中的西部沿海农工协调亚区 Western coast agro-industrial coordination area; II (ii): 西部水源山体保护亚区 Western mountains and water protected area; II (iii): 中部物流-水土保持亚区 Central logistics-soil and water conservation area; II (iv): 东部产业-山水协调亚区 Eastern industries-landscape coordination area; III (i): 生态支持区中的生态脆弱型支持功能亚区 Ecology fragile support functions area; III (ii): 生态敏感型支持功能亚区 Ecology sensitive support functions area

深圳市主要土壤类型为山地黄壤、山地红壤、赤红壤、滨海盐渍沼泽土,其中地带性土壤是赤红壤。模型中水文土壤类型分为 A、B、C、D 4 类,表征研究区土壤的渗水能力等级。从 A 到 D 表示土壤的粘性逐渐加重,渗透性逐渐降低。综合考虑,确定深圳市的水文土壤类型为 B。

3.2 净化空气模型应用

绿地系统对空气的净化功能主要表现在能分解、吸收和固定大气中的有害物质,树叶可以吸收和过滤出 O_3 、 SO 、 NO 、 PM_{10} 、 CO 等,从而提高空气质量。

该模型计算树木对 5 种空气污染物的年去除量,包括有 O_3 、 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 及 CO 。并分别根据净化 O_3 、 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 及 CO 所需的费用,计算得出相应的生态服务价值。年去除量的计算公式为:

$$C = LA \times Vd \times Et \quad (1)$$

式中, C 为污染物去除量(t), LA 为叶表面积(m^2), Vd 为沉降率, Et 为暴露时间(h)。

3.3 固碳释氧模型应用

城市绿地固碳效益定量评估一般包括仪器实测和生物量推算法,而生物量推算法相对简单,所需数据较少,CITYGREEN 模型采用这种方法^[15~20]。CITYGREEN 估算的植被固碳效益包括植被碳存储量(carbon storage capacity)及年碳固定率(annual carbon sequestration rate),由植被覆盖率及植被固碳系数决定(表 1)。由于草坪在城市绿地系统中发挥的固碳作用相对微弱,加上经常性的修剪,使大部分的 C 元素重新释放大气与土壤中,因而 CITYGREEN 中计算的绿地固碳效益乔灌木所占比重较大。碳存储量与年固定率的计算公式为:

$$Cv = Ar \times Gc \times Cf \quad (2)$$

式中, Cv 为碳存储量(t), Ar 为研究区域面积(km^2), Gc 为绿地覆盖率, Cf 为碳储存系数。

$$Cr = Ar \times Gc \times Crf \quad (3)$$

式中, Cr 为年碳固定率, Ar 为研究区域面积(km^2), Gc 绿地覆盖率, Cf 碳固定系数。

4 结果及分析

4.1 深圳市各景观生态功能区土地利用变化及绿地系统状

从图 1 和图 2 可以看出,文化支持区(Ⅰ)是以特区建成区为核心,对全市的社会、经济、文化发展起到支撑和带动作用;生态协调区(Ⅱ),包括宝安区和龙岗区的大部分,是全市面积的主体,功能上工农业生产与生态环境保护功能相互渗透、空间上两种功能交错分布;生态支持区(Ⅲ),包括梧桐山、大鹏半岛及其以北的多个水源保护区,以自然生态系统为主,在全市起到生态环境的“肺”和“绿心”作用。基于 CITYGREEN 模型对深圳市绿地系统变化的统计得出,深圳自 1990 至 2005 年以来,反映绿地系统主要类型的林地与园地基本呈下降趋势,最近的 2005 年尤其显著,该年林地、园地大幅减少,城建用地迅猛增加,与 1990 年相比,林地减少 9.73%,园地减少 51.81%,而城建用地增加 99.28%。这些变化主要反映了深圳城市化进程对绿地系统的影响,城市化初期,城市扩展规模较小,对植被的破坏较小;随着城市化进程的加速,城市扩展蔓延增快,绿地系统受到认为干扰的强烈冲击,而对绿地系统的修复与培育相对滞后。

表 1 各林龄类型碳储存系数及碳固定系数^[6]

Table 1 Carbon storage and sequestration multipliers of urban forest with different ages^[6]

林龄类型 Stand age type	名称 Name	碳储存系数 Carbon storage multipliers	碳固定系数 Carbon sequestration multipliers
幼龄型 Young	类型 1Type1	0.3226	0.00727
中龄型 Moderate	类型 2Type2	0.4423	0.00077
混合型 Mixture of all classes	类型 3Type3	0.5393	0.00153
平均型 Average of all classes	类型 4Type4	0.4303	0.00335

图 2 和表 2 还清晰地显示出,林地覆盖率呈增长趋势的有文化支持区(Ⅰ)和生态敏感型支持功能亚区

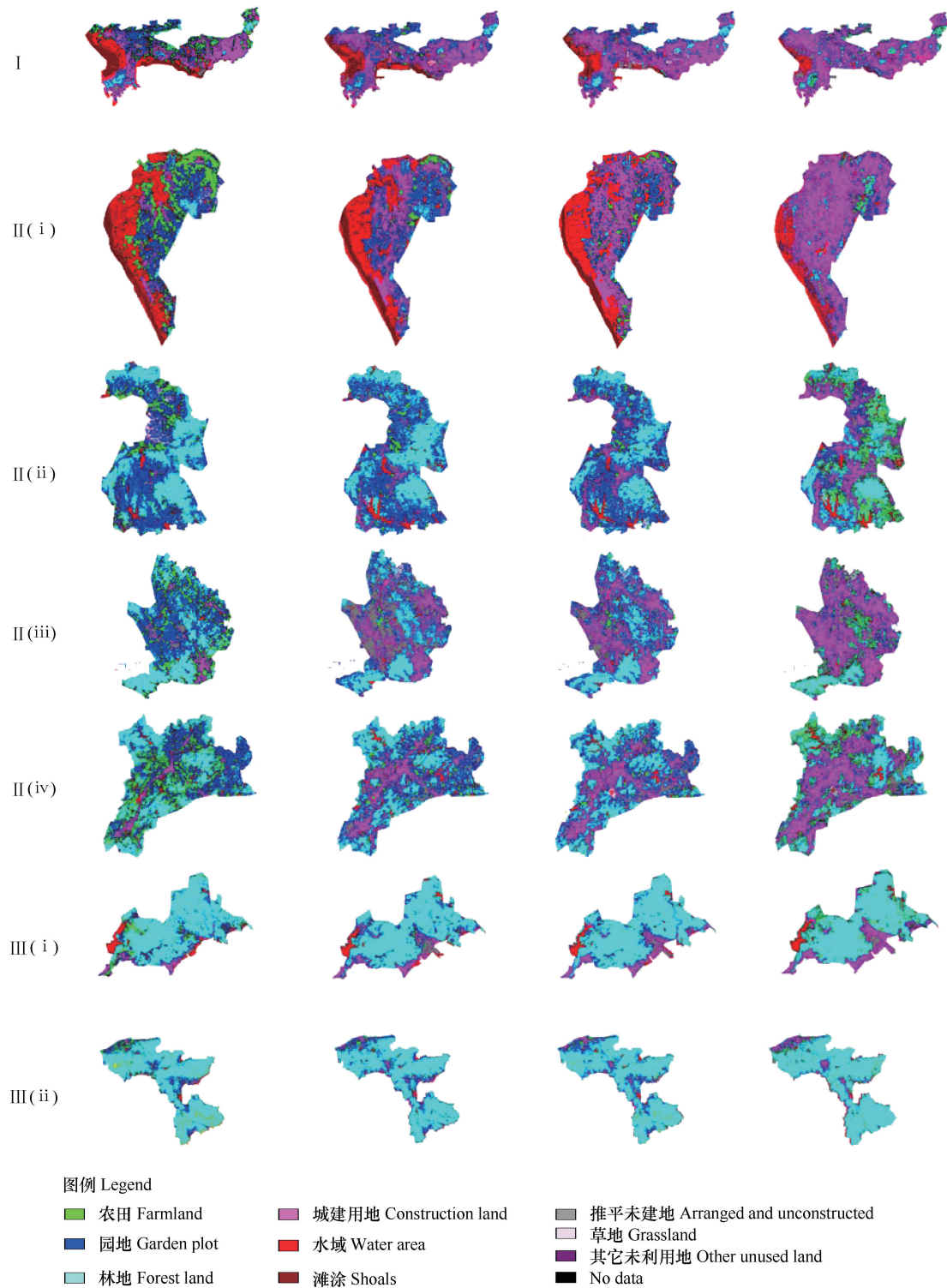


图2 深圳市1990、1995、2000、2005年景观生态功能分区土地利用分布图

Fig. 2 Landscape ecological functions and land use zoning map of Shenzhen in 1990, 1995, 2000, 2005

(Ⅲ-ii),呈下降趋势的有西部水源山体保护亚区(Ⅱ-ii)、中部物流-水土保持亚区(Ⅱ-iii)和东部产业-山水协调亚区(Ⅱ-iv),趋势不明的有西部沿海农工协调亚区(Ⅱ-i)和生态脆弱型支持功能亚区(Ⅲ-i)。

文化支持区(Ⅰ)的林地面积呈逐年增长的趋势,林地覆盖率从1990年的7.95%上升到2005年的13.39%。1990年西部沿海农工协调区(Ⅱ-i)的园地面积接近一半,而到了2005年除了水域几乎被城建用

地填满。西部水源山体保护亚区(Ⅱ-ii)、中部物流-水土保持亚区(Ⅱ-iii)和东部产业-山水协调亚区(Ⅱ-iv)的绝大部分林地、园地被城建用地所替代,林地覆盖率呈下降趋势。在生态支持区(Ⅲ)中,生态脆弱型支持功能亚区(Ⅲ-i)和生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)在1990~2000年中林地覆盖率保持稳定,而到2005年分别呈下降和上升的趋势。

表2 深圳市各景观生态功能区林地面积及林地覆盖率统计
Table 2 The area of wooldland and rate in landscape ecological functional area of Shenzhen statistics

年份 Year		功能区类型 Functional area						
		I	Ⅱ				Ⅲ	
			i	ii	iii	iv	i	ii
1990	面积 Area(km ²)	25247.45	20747.36	37788.89	27986.23	31393.49	11951.13	39411.37
	林地面积 Area of wooldland(km ²)	2007.172	1012.471	16732.92	10869.85	11420.95	8621.545	30543.81
	林地覆盖率 Forest coverage(%)	7.95	4.88	44.28	38.84	36.38	72.14	77.5
1995	林地面积 Area of wooldland(km ²)	2221.776	1728.255	18418.3	8714.912	12133.58	8639.472	30823.63
	林地覆盖率 Forest coverage(%)	8.8	8.33	48.74	31.14	38.65	72.29	78.21
	林地面积 Area of wooldland(km ²)	2779.744	973.0512	16574.21	8776.482	12205.79	9009.957	30930.04
2000	林地覆盖率 Forest coverage(%)	11.01	4.69	43.86	31.36	38.88	75.39	78.48
	林地面积 Area of wooldland(km ²)	3380.634	1255.215	14450.47	5294.995	9455.719	8217.597	32045.38
	林地覆盖率 Forest coverage(%)	13.39	6.05	38.24	18.92	30.12	68.76	81.31

4.2 深圳市绿地系统净化空气价值量分析

本研究基于深圳历年各功能区的遥感影像及各种修正参数,计算出深圳1990、1995、2000、2005各年各功能区绿地对于O₃、SO₂、NO₂、PM10及CO等大气污染物的去除量和产生的相应经济价值,见表3。

深圳市绿地系统在去除污染量的价值量在时间、空间上的变异较大。如在O₃方面,深圳市净化空气能力最高出现在1995年,最低出现在2005年。生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)最大,2005年为1152885.26\$,西部沿海农工协调亚区(Ⅱ-i)最小,2005年仅为45142.87\$,这是由于两个功能区绿地面积差异较大。在SO₂方面,深圳净化空气能力最高出现在1995年,最低出现在2005年。生态敏感型支持功能亚区最大,2005年为386811.52\$,西部沿海农工协调亚区(Ⅱ-i)最小,2005年仅为40802.94\$。

从经济价值方面来看,深圳市绿地系统对PM10的去除所带来的经济价值最高,从1990年到2005年分别为7638153.47\$、12455940.51\$、7584907.54\$、11163150.52\$。其中,2005年的经济价值较高的原因是该年度中文化支持区(Ⅰ)和生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)的经济价值较高。深圳市绿地系统对CO的去除所带来的经济价值最低,从1990年到2005年分别为190421.41\$、310530.27\$、158593.97\$、278300.62\$。

根据表3可以看出,绿地系统去除空气污染物的量与林地面积有直接关系,例如文化支持区(Ⅰ)由于林地面积的增加,O₃的去除量从1990年的72244.14kg增加到2005年的121612.48kg。而生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)O₃的去除量也从1990年的1098796.05kg增加到1152885.26kg。在SO₂去除方面,由于林地面积的减少,中部物流-水土保持亚区中绿地系统对于SO₂的去除量由1990年的131221.45kg下降到63906.75kg。

总之,在净化空气方面,深圳市绿地系统在1990年、1995年、2000年和2005年的生态服务价值(折合为人民币)依次为2039.42万元、3325.79万元、2025.2万元、2980.61万元;

4.3 深圳市绿地系统固碳释氧价值量分析

本研究基于 CITYGREEN 模型计算出深圳 1990、1995、2000、2005 年各功能区绿地的固碳量和释氧量,利用影子工程法,按照造林成本法固碳成本 $260.9 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$,释氧成本 $352.93 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$ 计算得出产生的相应经济价值(表 4)。

在固碳释氧方面,深圳市绿地系统同样存在的区域和时间上的差异。如:生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)在 2005 年最高固碳经济价值为 8889.49 万元,释氧的经济价值为 8745.58 万元,西部沿海农工协调亚区(Ⅱ-i)在 1990 年最低而固碳经济价值为 280.7 万元,释氧的经济价值为 276.16 万元。可见两个区域的所产生的服务价值差异显著。此外,从不同的时间尺度上看,文化支持区(Ⅰ)的林地面积呈逐年增长,其固碳和释氧的生态服务价值也逐年上升。

经统计计算,深圳市绿地系统 1990 年、1995 年、2000 年和 2005 年固碳释氧生所创造的态服务价值依次为 446916 万元、454994 万元、447135 万元、407771 万元。反应出绿地系统是城市中重要的生态系统,具有显著的生态服务价值。

4.4 深圳市各景观生态功能区净化空气与固碳释氧效益比较分析

深圳市 1990、1995、2000、2005 年 4a 的各景观生态功能分区绿地系统对大气污染物去除总量的柱状图(图 3)。4a 中深圳市各生态功能分区绿地系统的固碳量和释氧量的柱状图(图 4、图 5)。

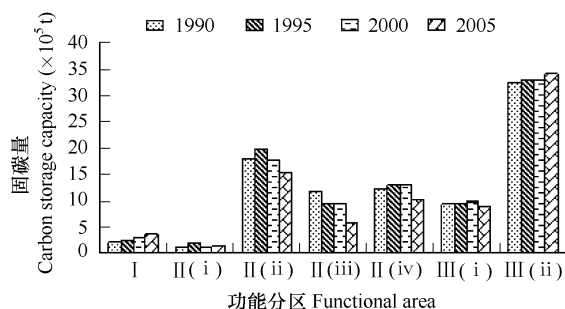


图 4 深圳各功能区绿地固碳量

Fig. 4 The Carbon storage capacity by greenbelt system in functional area of Shenzhen

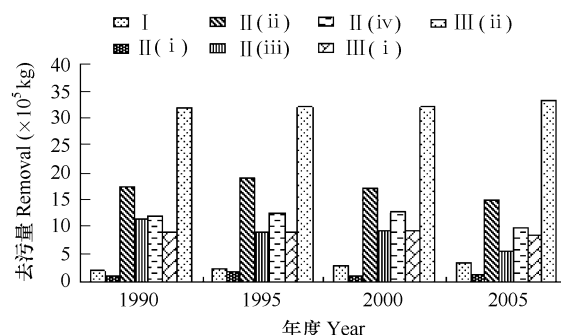


图 3 深圳各功能区绿地对于大气污染物总量的去除

Fig. 3 The removal of total air pollutant by greenbelt system in functional area of Shenzhen

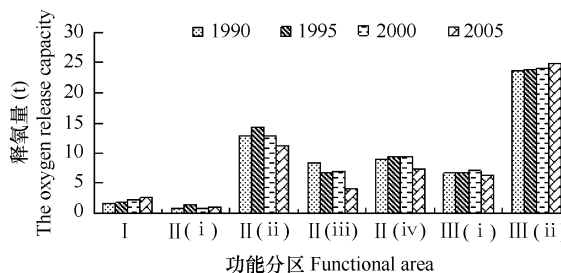


图 5 深圳各功能区绿地释氧量

Fig. 5 The oxygen release capacity by greenbelt system in functional area of Shenzhen

相对净化空气,深圳市各个功能区绿地系统的固碳和释氧所提供的生态价值较高(图 3 ~ 图 5)。如:2005 年深圳市绿地的固碳和释氧的价值量为 407771.03 万元,而净化空气的价值量为 29806.11 万元,两者相差 13 倍。这说明绿地主要的生态功能为固碳释氧,净化空气的价值相对较小。在固碳和释氧方面,生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)绿地的固碳和释氧能力最强,而西部沿海农工协调亚区(Ⅱ-i)最弱(图 5)。这与各功能区的土地类型分布有关,西部沿海农工协调亚区(Ⅱ-i)的社会经济价值和景观功能上的文化支持功能占优,而环境服务功能则处于次要地位。生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)的生态服务功能则在全市起到绿心和肺的作用。

从固碳和释氧、净化空气方面来说,深圳市绿地系统的生态系统服务功能的不平衡性与各个功能区的城市化进程相关。(图 3 ~ 图 5)。生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)的生态服务价值最高,这与该去以林地为主,建设用地比例很低,同时还有少量园地有关,其景观价值和功能以生态价值和环境服务功能占明显优势。

表 4 深圳市各景观生态功能区绿地固碳释氧能力统计
Table 4 The capacity of carbon fixation and oxygen release by greenbelt system in landscape ecological functional area of Shenzhen statistics

年份 Year		功能区类型 functional area						
		I		II		III		
		i	ii	iii	iv	i	ii	
1990	碳存储量 Carbon storage capacity (t)	213510.00	107588.00	1779222.00	1155867.00	1214470.00	916750.00	3247384.00
	年碳固定量 Annual carbon sequestration rate(t/a)	1662.00	838.00	13852.00	8999.00	9455.00	7137.00	25282.00
	固碳经济价值							
	Economic value of carbon fixation(RMB/a)	55704760.00	28069710.00	464199000.00	301565700.00	316855200.00	239180100.00	847242500.00
	释氧量 Oxygen release capacity(t)	155280.00	78245.82	1293980.00	840630.50	883250.90	666727.30	2361730.00
1995	释氧经济价值							
	Economic value of oxygen release(RMB/a)	54802970.00	27615300.00	456684200.00	296683700.00	311725700.00	235308100.00	833526700.00
	碳存储量 Carbon storage capacity (t)	236285.00	183855.00	1958254.00	926596.00	1290020.00	918644.00	3277211.00
	年碳固定量 Annual carbon sequestration rate(t/a)	1840.00	1431.00	15246.00	7214.00	10043.00	7152.00	25514.00
	固碳经济价值							
2000	Economic value of carbon fixation(RMB/a)	61646760.00	47967770.00	510908500.00	241748900.00	336566200.00	239674200.00	855024300.00
	释氧量 Oxygen release capacity(t)	171843.60	133712.70	1424185.00	673888.00	938196.40	668104.70	2383426.00
	释氧经济价值							
	Economic value of oxygen release(RMB/a)	60648770.00	47191230.00	502637500.00	237835300.00	331117600.00	235794200.00	841182600.00
	碳存储量 Carbon storage capacity (t)	295548.00	103406.00	1762399.00	933257.00	1297723.00	957936.00	3288742.00
2005	年碳固定量							
	Annual carbon sequestration rate(t/a)	2301.00	805.00	13721.00	7266.00	10103.00	7458.00	25604.00
	固碳经济价值							
	Economic value of carbon fixation(RMB/a)	77108470.00	26978630.00	459809900.00	243486800.00	338575900.00	249925500.00	858032800.00
	释氧量 Oxygen release capacity(t)	214944.00	75204.36	1281745.00	678732.40	943798.50	696680.70	2391810.00
2005	释氧经济价值							
	Economic value of oxygen release(RMB/a)	75860190.00	26541880.00	452366200.00	239545000.00	333094800.00	245879500.00	844142300.00
	碳存储量 Carbon storage capacity (t)	359413.74	133415.33	1536448.51	562924.27	1005342.20	873687.63	3407239.16
	年碳固定量 Annual carbon sequestration rate(t/a)	2798.13	1038.67	11961.66	4382.52	7826.86	6801.89	26526.26
	固碳经济价值							
2005	Economic value of carbon fixation(RMB/a)	93771044.77	34808059.60	400859416.26	146866942.04	262293779.98	227945102.67	888948696.84
	释氧量 Oxygen release capacity(t)	261391.81	97029.33	1117417.10	409399.47	731157.96	635409.19	2477992.12
	释氧经济价值							
	Economic value of oxygen release(RMB/a)	92253011.82	34244561.76	394370016.46	144489354.63	258047580.11	224254963.82	874557757.63

文化支持区(I)和西部沿海农工协调区(Ⅱ-i)绿地系统的生态服务功能最弱。文化支持区(I)位于深圳市宝安区的西部,是全市经济文化的中心,作为生态功能区划中的一级区,最为集中的体现了人类活动强度一致性的区划原则,在强调自然区域分异的基础上,重点突出人类活动的影响。该区的城建用地逐年增加,也体现了该区的功能特点,所以其生态服务价值也是各功能区中较低的。而西部沿海农工协调区以城市建设用地和园地为主,还有部分养殖水面、滩涂和耕地,所以生态服务功能较弱。

2005 年,深圳 GDP 为 4926 亿元,而同年深圳各景观生态功能区绿地在固碳释氧和净化空气中节约的经济总额达 43.76 亿元,占深圳全年 GDP 的 0.89%,可见绿地的生态服务功能是显著的。

5 结论与讨论

深圳市绿地系统的生态服务价值在时间和空间上的差异显著。净化空气方面,深圳市绿地在 1990 年、1995 年、2000 年和 2005 年的生态服务价值依次为 2039.42 万元、3325.79 万元、2025.2 万元、2980.61 万元;在固碳释氧方面,4a 的生态服务价值依次为 446916 万元、454994 万元、447135 万元、407771 万元。反应出绿地系统是城市中重要的生态系统,具有显著的生态服务价值。深圳市各景观生态功能区绿地的固碳释氧和净化空气的生态价值的不平衡性与城市化进程相关,生态敏感型支持功能亚区(Ⅲ-ii)的生态服务价值最高,文化支持区(I)和西部沿海农工协调区(Ⅱ-i)生态服务价值最低。

本研究用 CITYGREEN 模型计算了深圳市不同功能区绿地系统的吸附污染物的价值量,虽然价值量较固碳释氧价值量低很多,如:2005 年两者价值量相差 13 倍。但城市绿地系统的净化空气有较高的潜在价值,Solecki, W. D 用 CITYGREEN 模型分析了美国新泽西州的康登(Camden)和纽域(Newark)市的绿地系统在减缓城市热岛效应的功效。研究表明城市绿地能吸收有害污染物,阻止污染物在城区内的扩散,从而有效减缓了城市的热岛效应^[7]。由于城市热岛效应定量化研究还有待深入,模型还未对绿地的减缓城市热岛效应的潜在价值进行评估,这也是模型还有待完善之处。

城市绿地系统的多数生态服务功能已被人类所认知,定性描述也很成熟。但是准确、有效的定量评估却相对较少,而定量评估的缺乏和其所采用的技术方法有关。本文基于 4a 的遥感影像结合不同的生态功能区,采用 CITYGREEN 模型在不同时间尺度和空间尺度上估算城市绿地系统的生态服务价值,说明 CITYGREEN 模型为绿地系统生态服务价值定性计算的有效工具,应在国内得到推广应用。一般来说国外成熟的模型具有其特有的地域性,这限制了其进一步推广应用。为了提高我国对城市绿地系统生态服务功能的研究,我们应多借鉴国外成熟的软件模型,并以此为基础进行二次开发;从而建立符合我国自然状况的软件模型,为我国城市绿地系统的生态服务研究提供平台。在符合我国实际状况的模型没有成熟构建的今天,借鉴国外已有的模型进行城市绿地系统生态服务功能的定量分析也是一种很好的尝试。

References:

- [1] Wang Q R. Value of Urban Green Space and its Assessment. Dissertation. Zhejiang University, 2003
- [2] Hu H F, Liu G H. Carbon sequestration of China's National Natural Forest Protection Project. *China Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 291-296.
- [3] Xie H X, Ren Z Y, Li R. Economic value of vegetation carbon fixation and oxygen release in Loess Plateau of North Shanxi Province under land-use and land-cover change. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(3): 319-322.
- [4] Zhang K, Zhang J Y, Chen Y X, et al. Urban greenbelt eco-service value of Hangzhou City under effects of land use change: An evaluation with CITYgreen model Chinese. *Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10): 1918-1922.
- [5] Hu Z B, He X Y, Chen W, et al. Structure and ecological benefits of urban forest in Shenyang build-up area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(12): 2108-2112.
- [6] American Forests. CITYgreen 5.0 UserManual. Washington D C: American Forests, 2002.
- [7] Solecki W D, Rosenweig C, Parshall L, Pope G, Clark M, Cox J, Wiencke M. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Environmental Hazards*, 2005, 6: 39-49.
- [8] Gomez F, Tamarit N, Jabaloyes J. Green zones, bioclimatic studies and human comfort in the future development of urban planning. *Landscape*

- Urban Plan, 2001, 55:151—161.
- [9] Wang C, Zhou J X. Differences of ecological functions of urban green space in different scales. Northeast For Univ, 2002, 30(3):107—110.
- [10] Wu Y, Su Z X. Present state of Chinese city green areas and estimation of its 39 value in ecology and economy. J Sci Teach Coll (Nat Sci), 2002, 23(2):184—188.
- [11] Zhu N, Li M, Chai Y X. Ecological functions of green land system in Harbin. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(9):1117—1120.
- [12] Luo H L, Zhu B, Liu D S. Regionalization of ecological function in Chongqing City China. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9):3144—3151.
- [13] Akbari H S, Rose L S, Taha H. Characterizing the Fabric of the Urban Environment: A Case Study of Sacramento, California. Berkeley: Lawrence Livermore Laboratory, 1999, 23—27.
- [14] Cranz G. The Politics of Park Design: A History of Urban Parks in America. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press, 1983, 10—12.
- [15] Peng L H, Chen S, Liu Y X, *et al.* Application of Citygreen model in benefit assessment of Nanjing urban greenbelt in carbon fixation and runoff reduction. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(6):1293—1298.
- [16] Guo Y W, Sun C L, Shan W D. Study on evaluation of forest ecological functions. Environment and Development, 1997, 12(1):13—16.
- [17] Jiang D T. Study on the function and benefit calculation of manufacturing oxygen and fixing carbolic of forest. East China Forest Management, 2005, 19(2):19—21.
- [18] Lang K J, Li C S, Yin Y. The measurement theory and method of forest ecological benefits for forestry ecological engineering. Journal of Northeast Forestry University, 2001, 28(1):1—7.
- [19] Li Y D, Wu Z M, Zeng Q B. Estimation of community productivity and net CO₂ accumulation of a tropical mountain rain forest in Jianfengling, Hainan Island, China. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22(2):127—134.
- [20] Ren Z Y, Li J. The valuation of ecological services from the vegetation ecosystems in the Qingling Daba Mountains. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(4):503—511.

参考文献:

- [1] 王庆日. 城市绿地的价值及其评估研究. 博士论文, 2003.
- [2] 胡会峰, 刘国华. 中国天然林保护工程的固碳能力估算. 生态学报, 2006, 26(1):291~296.
- [3] 谢红霞, 任志远, 李锐. 陕北黄土高原土地利用/土地覆被变化中植被固碳释氧功能价值变化. 生态学杂志, 2007, 26(3):319~322.
- [4] 张侃, 张建英, 陈英旭. 基于土地利用变化的杭州市绿地生态服务价值 CITYgreen 模型评价. 应用生态学报, 2006, 17(10):1918~1922.
- [5] 胡志斌, 何兴元, 陈玮. 基于 CITYgreen 模型的城市森林管理信息系统的构建与应用. 应用生态学报, 2003, 14(12):2108~2112.
- [9] 王成, 周金星. 城镇绿地生态功能表现的尺度差异. 东北林业大学学报, 2002, 30(3):107~110.
- [10] 吴勇, 苏智先. 中国城市绿地现状及其生态经济价值评价. 四川师范学院学报(自然科学版), 2002, 23(2):184~188.
- [11] 祝宁, 李敏, 柴一新. 哈尔滨市绿地系统生态功能分析. 应用生态学报, 2002, 13(9):1117~1120.
- [12] 罗怀良, 朱波, 刘德绍. 重庆市生态功能区的划分. 生态学报, 2006, 26(9):3144~3151.
- [15] 彭立华, 陈爽, 刘云霞. Citygreen 模型在南京城市绿地固碳与削减径流效益评估中的应用. 应用生态学报, 2007, 18(6):1293~1298.
- [16] 郭玉文, 孙翠岭, 单卫东. 森林生态服务功能评估研究. 环境与开发, 1997, 12(1):13~16.
- [17] 姜东涛. 森林制氧固碳功能与效益计算的探讨. 华东森林经理, 2005, 19(2):19~21.
- [18] 郎奎建, 李长胜, 殷有. 测量理论与方法在林业生态工程森林生态效益中的应用. 东北林业大学学报, 2001, 28(1):1~7.
- [19] 李意德, 吴仲民, 曾庆波. 尖峰岭热带山地雨林群落生产和二氧化碳同化净增量的初步研究. 植物生态学报, 1998, 22(2):127~134.
- [20] 任志远, 李晶. 地理学报. 陕南秦巴山区植被生态功能的价值测评, 2003, 58(4):503~511.