

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

城市生态可持续发展规划

杨志峰 何孟常 毛显强 鱼京善 吴乾钊 等著

科学出版社

北京

内 容 简 介

随着国内外生态城市建设的兴起,对城市生态环境问题、生态城市规划理论、方法及建设实践,引起学术界、政府部门和城市管理者们的广泛重视。本书作为生态规划研究方面的专著,在反映国内外生态规划研究进展和学术思想的基础上,进行大胆的探索和创新,突出规划理念、理论与方法的先进性,强调遥感与 GIS 及信息集成技术在生态规划方面的应用,并突出成果的系统性和实际可操作性。全书共分 8 章,分别论述了规划理念、思路与方法,城市生态系统评价与生态可持续发展目标,生态支持系统分析,城市发展与生态支持系统互动调控,市域生态安全空间格局,生态系统管育措施,规划方案评估和信息集成等内容。

本书可供大学和科研院所从事生态规划、城市规划和环境规划的教学和研究人员阅读,可作为相关专业研究生和本科生教学参考书,也可供大中城市从事规划和生态环境管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市生态可持续发展规划/杨志峰等著. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-012993-8

I. 城… II. ①杨…②何…③毛…④孟…⑤吴… III. 生态环境—城市规划:生态规划—广州市 IV. X321.265.101.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 014528 号

责任编辑:彭胜潮 刘卓澄 韩 鹏/责任校对:鲁 素
责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年5月第一版 开本:787×1092 1/16

2005年7月第二次印刷 印张:16

印数:2 501—4 000 字数:360 000

定价:70.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

前 言

一

随着人类历史进入 21 世纪,加入 WTO 后的中国,将以前所未有的深度和广度融入经济全球化进程。处于中国经济发展前沿的广州,也将迎来时代的机遇和挑战,城市的发展将跨入一个崭新的阶段。

广州市作为广东省的省会和政治、经济、文化中心,是华南地区最大的商贸、金融、交通和信息中心城市,是全国最富活力的特大城市之一,也曾是中国对外开放的窗口和前沿阵地。改革开放 20 多年来,广州市社会经济得到持续快速的发展。在实现新世纪宏伟目标的进程中,广州向全世界展现了经济繁荣、管理先进的新风貌。

广州正大踏步向现代化、国际化迈进,在经济高速增长的过程中,城市生态环境问题日益受到关注。生态环境往往成为衡量城市文明程度的重要指标,人们对环境的关注已不仅仅局限于污染防治方面,同时还必须强调环境与发展的互动关系,注意防范由于不当的开发行为带来的生态环境问题对城市发展的负面影响。

二

城市的发展具有阶段性。这种阶段性表现在城市发展与生态环境的相互作用上,就是在不同发展阶段城市的生态环境问题具有其特殊性。城市生态环境问题演化的模式是由城市发展的内部动因和外部压力共同作用的结果。其中,内部动因可以是城市采用某种进化模式的能力和意愿,体现在经济发展水平、环境意识、工业和环境政策等方面。较强的内部演化动因可以缩短或跨越某个进化阶段,从而直接进入下一个阶段。因此,通过调整内部动因可以实现在不同的演化模式之间做出人工选择。另一方面,来自城市外部的压力也会影响城市生态环境问题的演化模式。这些外部压力包括城市自然条件和资源的制约,不断增长的环境意识和日益全面严格的国际环境公约。较强的外部压力可以影响甚至改变演化进程。

世界银行(1997)将城市中生态环境问题划分为两大类,即“与贫困相关的”和“与经济增长或富裕相关的”环境问题。David Satterthwaite(1997)将城市环境问题分为 5 类:人类环境中的环境危害(在一定限度内);可更新资源的过度利用;不可更新资源的过度利用;产生过量的废物和过度使用可更新的环境容量。归结起来,城市的生态环境问题主要分为三大类:与贫困有关的问题、与生产有关的问题和与消费有关的问题。每一类问题在城市发展进程中都呈现出不同的演化轨迹。

总体上,许多城市的生态环境演化都要按顺序经过由上述三种生态环境问题所代表的不同阶段。然而从环境保护与可持续发展的观点来看,一个城市进化最后的理想阶段就是不产生任何与贫困和生产有关的环境问题,且由消费引起的外部环境影响最小的,处于成熟阶段的“生态城市”。

随着城市的发展,各国都在思考未来城市的发展模式。而生态城市(eco-city),就是应用生态学原理和方法来指导建设理想中的 21 世纪城市发展模式。

国内外对生态城市的模式、规划建设理论与方法进行了广泛的研究(黄光宇, 2001)。原苏联生态学家亚尼茨基(Yanitsky, 1984)和美国生态学家理查德·雷吉斯特(Register, 1987)等学者分别于 20 世纪 80 年代初对生态城市进行了研究,并发表了专著。亚尼茨基(Yanitsky, 1981)提出,生态城市是一种理想城市模式,其中技术与自然充分融合,人的创造力和生产力得到最大限度的发挥,居民的身心健康和环境质量得到最大限度的保护,物质、能量、信息高效利用,生态良性循环的一种理想栖境。并将生态城市的设计与实施分成三种知识层次(即时空层次、社会-功能层次、文化-历史层次)和五个行动阶段(基础研究,应用研究,设计,规划和建设实施(王祥荣, 2001))。雷吉斯特(Register, 1987)认为生态城市即生态健康的城市(ecologically healthy city)是紧凑、充满活力、节能并与自然和谐共存的聚居地,生态城市追求人类和自然的健康与活力。国际“人与生物圈”报告(1984)指出,“生态城市规划既要从自然生态和社会心理两个方面去创造一种能充分融合技术和自然的人类活动的最优环境,以诱发人的创造性和生产力,提供高的物质和文化水平”;并提出了生态城市规划的 5 项原则:①生态保护策略;②生态基础设施;③居民的生活标准;④文化历史的保护;⑤将自然融入城市。契斯佳科娃(1991)在总结俄罗斯城市规划部门对改善城市生态环境工作的基础上,提出城市生态环境建设的方法原理及保护战略:①规划布局与工艺技术为解决城市自然保护问题中所占比重;②城市地质、生态边界、相邻地区的布局联系和功能联系、人口规划;③城市生态分区,以限制每个分区污染影响与人为负荷,降低其影响程度;④解决环境危害时的用地功能及空间组织的基本方针;⑤符合生态要求的城市交通、工程、能源等基础设施;⑥建筑空间与绿色空间的合理比例,并以绿为“骨架”;⑦生态要求的居住区与工业区改建原则;⑧城市建筑空间组织的生态美学要求(王祥荣, 2001)。

总的来看,现阶段国外生态城市建设的特点可概括为:①制定明确的生态城市建设目标和指导原则;②强调生产资源再利用、生活消费减量和垃圾循环利用的三 R 原则;③促进地方社区的参与,提高市民的生态意识(黄肇义、杨东援, 2001a)。

在中国,马世骏院士提出了城市社会-经济-自然复合生态系统理论以指导城市建设,并倡导进行了大量生态城镇、生态村的建设和研究,这些都极大地推动了国内生态城市理论的发展。王如松等也提出建设生态城市需满足三个标准:人类生态学的满意原则、经济生态学的高效原则、自然生态学的和谐原则。王祥荣(2001)以上海市为例探讨了生态城市建设的理论、途径与措施,认为生态城市建设的科学内涵体现在以下 5 方面:①高质量的环保系统;②高效能的运转系统;③高水平的管理系统;④完善的绿地系统;⑤高度的社会文明和生态环境意识。

城市现代化的标志是雄厚的经济实力,高品质的生活环境,实现社会公平。“生态城市”是在全球生态浪潮中被推入新世纪的城市发展新概念,它体现了人类对人与自然关系的深层次认识。人与自然和谐相处,生态环境优良,充满生机和活力的生态城市是实现城市现代化的必然选择。

自从联合国 MAB 计划(1972)倡导以来,1992 年联合国环境与发展大会,以及五次生态城市国际会议的相继召开,都使生态城市的理论研究得到不断的丰富和完善,生态城市得到了世界各国的普遍关注和接受,已成为国际上第四代城市的发展目标(王祥荣,2001)。1996 年在伊斯坦布尔召开的第二次联合国人类住区会议通过的《人居议程》也提出了关于“人人享有适当住房”和“城市化进程中人类住区的可持续发展”的目标。生态城市的研究与示范建设逐步成为全球城市研究的热点,如美国伯克莱和西雅图、日本东京、澳大利亚的怀阿拉市、丹麦的哥本哈根、新西兰的 Waitakere 市、印度的班加罗尔、加拿大的温哥华等。我国的天津、上海、秦皇岛、常州、长沙、日照等城市都先后开展了生态城市建设规划的探索性研究。

国内外生态城市的规划与建设实践及取得的成功经验,将为广州市城市生态可持续发展规划提供参考。

四

在城市现代化的实践过程中,广州市政府提出“生态优先”的战略思想,寻求一种既能应对发展挑战又解决环境问题的城市发展模式。以广州市域丰富的地形地貌,“山、城、田、海”并存的自然基础,构建生态城市的框架,最大限度地降低开发行为对自然生态体系的冲击,是实现可持续发展的重要内容,也是实现现代化的基础和条件。

从广州市外部看,为了应对中国加入 WTO 和全球一体化的挑战,适应发展循环经济、绿色经济和生态产业的新潮流,在国际上树立广州的良好城市形象,增强国际竞争力,需要通过强化生态环境建设,使广州步入可持续发展轨道,把广州建成富有华南特色的山水田园型生态城市,为广州市在规划期率先实现现代化,全面赶上中等发达国家水平奠定良好的基础。

从广州市内部看,广州市经济社会高速发展,催化了建设生态型城市理念的产生。随着经济发展和居民生活水平的提高,市民对城市环境质量的要求也越来越高。全市人民深刻地认识到优美的生态环境是实现可持续发展的重要内容,也是实现现代化必不可少的基础和条件。

为进一步提高城市整体实力和综合竞争力,把广州建成现代化、国际化城市,广州市政府提出了城市发展的战略目标,即把广州建设成为一个高效、繁荣和文明的,最适宜创业发展又最适宜生活居住的国际化区域中心城市。这就意味着,既要创造良好的经济社会环境,又要追求良好的生态环境质量。同时,由于广州市行政区调整,在城市总体规划修编完善过程中提出“先做好生态环境规划和路网规划,后修编完善城市总体规划”的思路,催生出进行生态可持续发展规划的必要性。在具体实施过程中,广州市开展了一系列的城市规划和城市生态建设规划,包括广州市城市规划局组织编制的《广州总体发展战略规划(深化)》,广州市计委生态城市规划编制综合组制定的《广州市生态城市规划纲要(征求意见稿)》等等,为《广州市城市生态可持续发展规划》奠定了良好的基础。

在这样的大背景下,广州市环境保护局组织《广州市城市生态可持续发展规划》的编制工作,其目的就在于按生态规律办事,在生态系统“先天”条件的基础上,提高生态系统的“后天”生态承载力(或稳定性和生态缓冲能力),以合理的生态安全格局安排避免生态灾害发生,在发展中维护生态的良性循环,以良好的生态条件支持经济社会的协调发展。

该项目由北京师范大学环境科学研究所承担,广州市环境保护科学研究所参加。

城市生态可持续发展规划的过程就是运用生态学原理,在了解生态系统总体及各要素时空分异特征的基础上,进行市域生态系统空间格局优化,通过宏观调控实现资源合理配置,使城市生态系统结构有序、功能完整、效益持续,实现社会、经济、自然三个效益的统一。因此,本规划工作宏观上从市域整体着眼,构筑城市生态安全的保障体系;微观上从生态调控单元入手,利用调控导则对市域生态保护和建设提出指导;而最终目的是要为建设可持续发展的生态城市作出战略安排。简而言之,就是要提高城市生态系统健康水平,建立城市生态安全格局,激发城市生态活力,实现城市可持续发展。概括起来就是要实现“健康、安全、活力、发展”。

本书是广州城市生态可持续发展规划项目的研究成果,全面论述了城市生态可持续发展规划理念和思路、内容、研究方法与技术应用等方面。全书由杨志峰、何孟常、毛显强、鱼京善、吴乾钊组织撰写和负责统稿,参加本书编写的还有李巍、杨居荣、陈思宁、姚艳敏、程红光、杨胜天、张贵祥、徐琳瑜、郭秀锐、赵彦伟、胡廷兰、徐俏、张小红、崔国庆、李向前、张莹莹、彭绍盛、罗家海、崔侠、游江峰、葛奕、廖芸栋、李志琴等人。

在项目进行过程中,自始至终得到了广州市环境保护局领导及各处室同志的支持。作为广州全市的生态可持续发展规划,我们也得到了广州市政府以及各相关部门的通力协助;各政府部门对规划报告提出了中肯的修改意见和建议。另外,国内外许多著名专家学者都非常关注我们的研究工作,并对研究大纲的制定、研究报告的完成给予了热情的帮助。

由于城市生态可持续发展规划是一个全新的课题,国内外并没有成熟的规划理论和方法体系可资借鉴。加之城市生态可持续发展问题错综复杂,不同城市的发展规模、经济水平、自然地理特征和生态环境问题都不同,生态城市建设的内涵和标准也不一样,增加了本研究工作的难度。研究过程中,我们在城市生态可持续发展规划理念和思路、规划内容、研究方法与技术应用等方面进行了探索。虽然仍有许多问题有待进一步完善,但是相信本研究成果将对广州市的生态城市建设起到积极的指导作用,也希望对国内其他大中城市的生态规划编制工作起到借鉴作用。

由于工作时间紧迫,研究人员经验和水平有限,某些规划设想和研究思路难以全面完成,有待将来继续完善;书中错误和疏漏之处也在所难免,敬请专家、学者和有关部门同志批评指正。

目 录

前 言

第一章 规划理念、思路与方法	1
第一节 规划理念	1
1. 生态系统健康	1
2. 生态安全格局	2
3. 生态系统活力	2
4. 城市可持续发展	2
5. 生态城市——实现城市可持续发展的范式	3
第二节 规划思路	5
第三节 规划方法与技术	8
1. 生态系统评价方法	8
2. 系统工程方法	8
3. 面向城市可持续发展的互动调控	8
4. 生态信息叠置	8
5. 遥感、GIS 技术及软件工程	8
第二章 城市生态系统评价与生态可持续发展规划目标	9
第一节 城市生态足迹分析	9
1. 生态足迹概念和模型	10
2. 广州 2000 年生态足迹估算	10
3. 广州城市生态足迹的动态变化趋势	14
第二节 城市生态系统承载力评价	15
1. 城市生态系统承载力概念框架	16
2. 城市生态系统承载力模型	17
3. 广州市城市生态系统承载力-压力状态评价	20
第三节 城市生态系统健康评价	21
1. 城市生态系统健康评价指标体系及评价标准	22
2. 城市生态系统健康评价模型	23
3. 广州城市生态系统健康评价	25
第四节 城市生态可持续发展规划目标与规划平台	27
1. 生态可持续发展建设要求	27
2. 城市生态可持续发展规划目标	29
3. 规划平台与规划目标指标	32
第三章 生态支持系统分析	36
第一节 水资源水环境支持系统	36

1. 水污染排放和水环境质量时空分异特征	36
2. 水资源供需平衡分析	44
3. 水环境容量分析	60
第二节 土地资源	65
1. 土地利用现状	65
2. 土地资源供需分析	70
3. 土地合理利用原则	72
4. 土地利用结构调整	73
第三节 气候与大气环境	79
1. 城市气候特征	79
2. 城市热场与城市热岛效应	81
3. 大气环境质量	86
4. 城区大气气溶胶分布与下垫面相关关系的遥感分析	94
第四节 能源资源	99
1. 能源资源概况	99
2. 现状能源结构与消费量分析	99
3. 能源需求预测	102
4. 能源结构调整情景	104
第五节 城市森林	107
1. 市域森林资源	107
2. 生态公益林空间分布	110
3. 生态公益林生态效益评价	111
4. 生态公益林改造对策	111
第六节 城市绿地系统	113
1. 建成区绿地现状	113
2. 建成区绿地生态补偿	114
第七节 生态支持系统瓶颈分析	122
1. 瓶颈要素分析的理论依据	122
2. 生态支持系统瓶颈要素评价方法和生态调控方法	123
3. 广州城市生态支持系统瓶颈分析	125
第八节 小结	128
第四章 城市发展与生态支持系统互动	130
第一节 适度城市发展规模	130
1. 人口规模与经济活动强度	130
2. 主要调控措施	132
3. 建成区适度用地规模	134
第二节 城市空间结构和布局	134
1. 资源环境要素空间特征	134
2. 城市发展空间策略	134

3. 人口空间布局	138
4. 产业布局调整	140
第三节 小结	140
第五章 市域生态安全空间格局	142
第一节 市域生态空间结构特征辨析	142
1. 自然地理特征	142
2. 生态系统脆弱性分析	146
3. 自然生态系统服务功能价值评估	150
4. 生态活度位评价	156
第二节 市域景观生态安全格局	165
1. 城市空间布局规划中的生态安全格局考虑	165
2. 城乡一体化的景观生态安全格局	166
3. 广州市潜在景观生态安全格局的识别	170
4. 广州市生态空间布局规划	170
第三节 市域生态分区规划	170
1. 生态分区的原则	170
2. 生态分区方法	171
3. 生态分区方案	172
4. 生态区宏观生态控制政策	180
第四节 小结	181
第六章 生态系统管育	182
第一节 生态系统宏观管理	182
1. 生态安全保障措施	182
2. 城市土地开发强度调整	183
3. 环境功能区调整	188
4. 污染物总量控制	195
5. 生态环境建设的经济激励手段	198
第二节 生态调控单元微观调控	200
1. 生态控制指标体系	201
2. 生态调控单元调控导则	202
第三节 生态建设措施	212
1. 生态格局建设和生态保护工程	212
2. 环境保护和污染治理工程	213
3. 清洁能源工程	215
4. 交通建设	216
5. 人口疏导、控制与人口质量	216
6. 工业布局 and 产业结构调整	217
7. 环境保护管理能力建设	218
8. 城市形象与功能建设	219

9. 生态文化建设	219
第四节 小结	219
第七章 规划方案评估	220
第一节 费用-效果评估方法	220
第二节 规划方案费用估算	220
第三节 规划方案效果分析	221
1. 指标值	221
2. 实现规划目标情景下广州城市生态系统健康水平	222
第四节 敏感性分析	224
第八章 城市生态可持续发展规划信息集成系统	226
第一节 建立信息集成系统的目的和原则	226
1. 建立信息集成系统的目的	226
2. 建立信息集成系统的原则	226
第二节 信息集成系统的结构和特征	227
1. 信息集成系统的逻辑结构	227
2. 信息集成系统的实体结构	227
3. 信息集成系统的特征	228
第三节 信息集成系统的数据信息、功能和基本应用	228
1. 信息集成系统的数据信息	228
2. 信息集成系统的功能	228
3. 信息集成系统的基本使用	229
结 语	233
1. 在城市生态可持续发展规划理念与规划思路上的特色	233
2. 采用了国际上先进的研究理论与方法,进行了卓有成效的探索	233
3. 规划过程中应用了先进的技术手段	234
4. 广州城市生态可持续发展规划研究取得的主要研究成果	234
参考文献	241

第一章 规划理念、思路与方法

进行城市生态可持续发展规划,就是要在发展中加强城市生态系统的管育,通过生态系统管理、建设和维育,提高城市生态系统健康水平,构建城市生态安全格局,激发城市生态系统活力,促进城市经济、社会、环境的可持续发展。因此,本规划遵循城市生态系统分析评价和生态可持续发展目标制定,进行生态支持系统分析,通过了解城市发展与生态支持系统互动,建立安全的城市生态空间格局,开展生态系统管育,建设适宜于创业发展和居住生活的、生态可持续发展的生态城市的工作路线展开。城市生态系统健康状况评价被看成城市生态可持续发展的重要标志,而奠定生态安全格局则泛指基于关键性资源环境要素的质、量及其时空分布所确定的城市发展规模和空间布局安排。在满足生态安全保障的前提下,对城市生态系统诸方面进行优化调控,实现建设生态可持续发展的现代化城市的目标。

第一节 规划理念

为了实现广州生态优先的城市发展战略,并把广州建设成为适宜于创业发展、适宜于人生活居住的生态城市。在进行广州市城市生态可持续发展规划的过程中,遵循“健康、安全、活力、发展”的基本理念。

1. 生态系统健康

生态城市是健康的城市。健康的城市生态系统不仅意味着提供人类服务的自然环境和人工环境组成的生态系统的健康和完整,也包括城市人群的健康和社会健康。

生态系统健康研究是 20 世纪 90 年代出现的一个崭新的研究领域。它将人类活动、社会组织、自然系统及人类健康等社会、生态和经济问题进行整合研究,系统地探讨生态系统在胁迫条件下产生不健康症状的机理,为利用、保护与管理生态系统提供了新的理论与方法。

对生态系统健康的概念,目前学术界普遍认同“健康”是生态系统最佳状态的一种评价方式。归纳众多学者的看法,可概括为:生态系统健康是生态系统的综合特性,即生态系统的内部秩序和组织的整体状况,系统正常的能量流动和物质循环没有受到损伤,关键生态成分保留下来,系统对于自然和人为干扰的长期效应具有抵抗力和恢复力,系统能够维持自身的组织结构长期稳定,具有自我调控能力,并且能够提供合乎自然和人类需求的生态服务。

生态系统健康的概念可扩展到城市生态系统。健康的城市生态系统不仅意味着提供人类服务的自然环境和人工环境组成的生态系统的健康和完整,也包括城市人群的健康和社会健康。这与健康城市的内涵很相似,但前者更强调生态系统的健康,后者更强调人群健康。

城市生态系统的健康是可持续发展的必要条件和重要的衡量标准。因此,了解城市生态系统的健康状况、找出其胁迫因子、提出维护与保持城市生态系统健康状态的管理措施和途径,是实现城市可持续发展必须要解决的问题。这也为城市生态规划提供了规划依据。

2. 生态安全格局

生态安全是近年来新提出的概念,广义生态安全是指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会秩序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态,包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全,组成一个复合人工生态安全系统。狭义的生态安全是指自然和半自然生态系统的安全,即生态系统完整性和健康的整体水平反映。因此,生态安全与生态系统健康是相联系的。通常认为,功能正常的生态系统可称为健康系统,它是稳定的和可持续的,在时间上能够维持它的组织结构和自治,以及保持对胁迫的恢复力。反之功能不完全或不正常的生态系统,即不健康的生态系统,其安全状况则处于受威胁之中。

肖笃宁等人(2002)把生态安全定义为人类在生产、生活与健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度,包括饮用水与食品安全、空气质量与绿色环境等基本要素。其研究的主要内容包括生态系统健康诊断、区域生态风险分析、景观安全格局、生态安全监测与预警以及生态安全管理、保障等方面。对区域生态安全的分析主要包括:关键生态系统的完整性和稳定性,生态系统健康与服务功能的可持续性,主要生态过程的连续性等。

另外,城市生态过程存在着一系列阈限或安全层次,虽然这些阈限对整体生态过程来说都不是顶极的或绝对的,但它们是维护与控制生态过程的关键性的量或时空格局。如城市生态可持续性受到不同因素,如水资源、水环境承载力阈限、土地资源阈限、森林、绿地的面积及分布等的限制。与这些生态阈限相对应,城市生态系统中存在着一些关键性的因素、局部点或位置关系,构成某种潜在的安全的空间格局,称之为生态安全格局,它对维护和控制生态过程有着关键性的作用。

基于城市生态安全格局概念,通过分析、识别威胁城市生态安全的关键因子等过程进行城市生态规划的方法被称为生态安全格局途径(俞孔坚和李迪华,1997;俞孔坚,1998)。安全格局途径认为生态过程对城市经济发展所带来的环境改变的忍受能力是有限的,但不承认最终边界的存在。同样,经济发展过程对环境与资源的依赖也是不均匀的,或是阶梯状的。安全格局是各方利益代表为维护各种过程进行辩护和交易的有效战略,它在尽量避免牺牲他人利益的同时,努力使自身利益得到有效的维护。不论最终的发展与环境规划决策和共识在哪一种安全水平上达成,安全格局途径都使经济发展和环境保护在相应的安全水平上达到高效。同时,安全格局把对应于不同安全水平的阈限值转变为具体的空间维量,成为可操作的生态规划设计语言,因此具有可操作性。

本规划工作中,生态安全格局概念贯穿在从微观到宏观,从局部到整体,从时间到空间的不同层面上。

3. 生态系统活力

健康、安全的生态城市充满着活力。生态系统活力体现在社会、经济和生态各个方面。通过生态支持系统能力建设,城市发展与生态支持系统的互动调控及生态系统管育,提高城市生态系统活力水平,这也是城市生态可持续发展规划的任务和目标。

4. 城市可持续发展

可持续发展已经成为 21 世纪城市发展的方向与战略。可持续发展的核心思想是:健

康的经济发展应建立在生态可持续发展、社会公正和人民积极参与自身发展决策的基础上,包括生态可持续、经济可持续和社会可持续,其间相互关联不可分割,生态持续是基础条件,经济与社会持续是目的。

可持续发展是当前世界各国共同倡导的协调人口、资源、环境与经济相互关系的发展战略。不同国家和地区出于不同的社会经济基础、意识形态和环境消费观,不同学科和部门则由于面临的问题不同,所强调的可持续发展的概念模式不尽相同。从本质上说,可持续发展就是要实现人与自然、人与人之间协调与和谐,要求在资源永续利用和环境得以保护的前提下实现经济与社会的发展。

在经济全球化以及知识经济迅猛发展的今天,广州面临着来自国际、国内的竞争压力,持续发展的机遇与挑战同时存在。时代要求广州必须把握机遇,扬长避短,促进广州的可持续发展。

城市生态规划与管理是实施可持续发展战略的重要手段和工具。可持续发展理论是城市生态规划的理论基础之一,在规划工作的多方面、多层次中起作用。本规划工作就是要探索优化的城市生态系统和土地利用的空间构形,实现广州经济、社会、资源、环境的协调持续发展,达到社会、经济、生态三个效益的统一。城市是人类活动高度集中的场所,人类的生存以对资源和环境产品的消费为基础。提高资源利用的效率,尽可能地减少经济行为的外部性,保持资源与环境利用的持续性,也就是保持人类活动的可持续性。所以,生态可持续发展是可持续发展的物质基础和内在保障。

本规划工作以可持续发展原理为指导,贯穿了:

- 可持续发展的系统观

将城市作为一个社会-经济-自然复合生态系统,进行整体规划,从全局着眼,对系统中的生态过程进行综合分析和宏观规划。

- 可持续发展的整体效益观

规划中追求经济效益、生态效益、社会效益综合发挥,把系统整体效益的提高放在首位。

- 可持续发展的人口观

人口规划建立在资源、环境需求与供给分析的基础之上,并注重提高人口素质和生活质量。

- 可持续发展的资源、环境观

资源、环境是人类赖以生存的基础,是社会经济发展的基本条件。不同类型自然资源的可持续利用有不同的含义。不可再生资源的可持续利用问题是最优耗竭问题,而可再生资源的可持续利用问题则集中表现在资源可再生性的维持和加强方面。

5. 生态城市——实现城市可持续发展的范式

5.1 生态城市概念

生态城市是人们对进入工业文明以来所走过的路程进行深刻反思,对人与自然关系的认识不断升华后,所提出来的未来城市发展范式。它反映了人类谋求自身可持续发展的美好意愿,体现了人类对人与自然关系的更深层次的认识。

对生态城市概念有不同的诠释,迄今仍无明确的概念界定。雷吉斯特曾提出十分概

括的定义:生态城市追求人类和自然的健康和活力,并认为这就是生态城市的全部内容,足以指导人们的正确活动。国内学者对生态城市的普遍认识是:生态城市是一个经济发达、社会公平、繁荣、自然和谐,技术与自然达到充分融合,城乡环境清洁、优美、舒适,从而能最大限度地发挥人的创造性,并促使城市文明程度不断提高的,稳定、协调与持续发展的复合生态系统。黄肇义等提出了具有实践意义的定义,即生态城市是全球或区域生态系统中分享其公平承载能力份额的可持续子系统,它是基于生态学原理建立的自然和谐、社会公平和经济高效的复合系统,更是具有自身人文特色的自然与人工协调、人与人之间和谐的理想人居环境。《广州市生态城市规划纲要》指出,生态城市是运用生态学原理和方法,指导城乡发展而建立起来的空间布局合理,基础设施完善,环境整洁优美,生活安全舒适,物质、能量、信息高效利用,经济发展、社会进步、生态保护三者保持高度和谐,人与自然互惠共生的复合生态系统。

总体看,生态城市概念仍停留在理念上,充满了理想和智慧,给人以深刻启发。通过广州市城市生态可持续发展规划,把广州建设成为适宜于创业发展、适宜于人生活居住的城市,并向实现生态城市的最终目标作出不懈努力。

5.2 生态城市特征

- 健康、和谐

具有和谐的生态秩序,区域生命支持系统能提供正常和稳定的生态服务功能,具有健康的人类生命支持系统,生产资料呈持续积累和盈余趋势。

- 高效、活力

生态城市将改变现代城市“高消耗”、“非循环”的运行机制,提高资源的利用效率,地尽其利,人尽其才,各施其能,各得其所。物质、能量得以多层次分级利用,废弃物循环再生,各行业各部门关系协调,呈现发达的生产力和先进的生产关系。

- 持续、繁荣

以可持续发展思想为指导,兼顾不同时间、空间,合理配置资源,公平地满足当代与后代在发展和环境方面的需要,不因眼前的利益而用“掠夺”的方式促进城市暂时的“繁荣”,呈现持续、繁荣发展态势。

- 高度的生态文明

生态城市是具备高度生态文明的人文环境系统,以人与自然和谐共生的典型生态社区为基本单元,居民具有强烈的生态伦理意识,社会安定祥和。

- 整体性

生态城市不是单单追求环境优美或自身的繁荣,而是兼顾社会、经济和环境三者的整体效益,不仅重视经济发展与生态环境相协调,更注重人类生活质量的提高,是在整体协调的新秩序下寻求发展。

- 区域性

生态城市是在一定区域空间内人类活动和自然生态利用完善结合的产物,是城乡融合、互为一体的开放系统;是建立在区域平衡基础之上的,而且城市之间是相互关联、相互制约的,只有平衡协调的区域才有平衡协调的生态城市。

5.3 城市生态建设

城市生态建设必须遵循城市生态学原理,将城市生态学思想渗透到规划的各方面和部分:

- 复合生态系统原理

它是对城市这一复杂系统的组成、结构、功能,生态过程及其动力学机制进行辨析,并以此为基础进行生态设计的理论基础。

- 城市生态位理论

它是分析生态适宜度,探讨与自然和谐、与资源潜力相适应的资源开发方式和社会经济发展途径的理论依据和方法。

- 生态控制原理

为调节城市生态系统中不合理的生态关系,提高系统自我调节能力,改善系统的结构与功能,为确保自然平衡和资源保护提供了理论依据与方法。

- 生态系统健康与保育原理

它是评估系统状态和发展潜力的基础。

- 生态工程学、恢复生态学原理

可指导城市生态环境维育、修复与生态建设。

城市生态可持续发展规划是一项多学科综合的工作,环境科学、生态经济学原理是规划工作中环境承载力、生态系统支持能力、资源生态价值评估等研究的理论基础;系统科学、信息科学原理是规划工作的重要方法论。合理应用多学科的相关理论是规划成功的保证。

5.4 广州建设生态城市的可行性

生态城市是广州增强国际竞争力,发展为国际先进城市的必然选择。

经济持续高速发展,人民生活水平日益提高,是建设生态城市的物质基础和内在动力。

对外开放程度高,市场发展成熟,奠定了市场经济与生态经济兼容的客观基础,提供了它在运行过程中生态与经济协调发展的巨大可能性。

环境治理成果显著,广州素以“花城”著称,2001年被评为“世界花园城市”,其独特的自然优势提供了建设生态城市的有利条件。

作为岭南文化中心,兼收并蓄了西方文化和中国其他地域文化,具有深厚的文化底蕴。文化教育事业发达,科技力量雄厚,有力的技术支持将大大推进生态城市建设。

第二节 规划思路

根据“广州城市生态可持续发展规划”项目任务书要求,本项规划工作从城市生态系统状况评价出发,坚持生态优先的城市发展战略,以建设适宜创业发展和居住生活的生态城市为战略目标,基于本地资源、环境条件,考虑域外资源的合理调入,协调城市发展与资源、环境的关系,激发城市生态系统整体活力,提出有效的生态战略和可操作的调控措施;这是一次从生态可持续角度,为实现资源合理利用、生态平衡、生态风险防范以及生态补偿而进行的宏观战略性规划。

本次规划作为全市范围的总体生态规划,重在把握区域内主要生态关系、明确合理的生态格局;加强生态支持系统能力建设;构建市域生态安全空间格局;进行生态分区规划,提出宏观生态政策,建立生态调控单元生态调控导则;进行市域生态系统管育。

本规划的总体思路是以生态学原理和可持续发展理论为指导;以遥感和 GIS 技术为支撑;以城市发展与城市生态系统相互作用机制为研究和规划的主线;以生态系统评价为基础;以城市生态支持系统能力、生态安全空间格局和生态系统管育为重点;以生态优先为基本原则;以生态单元调控与数字化管理为手段;以提高生态系统健康水平,奠定城市生态安全格局,激发城市生态活力,实现可持续发展为目标。在具体规划过程中,坚持“自上而下(top-down)”和“自下而上(bottom-up)”的工作思路。

基于“自上而下”,即先宏观综合考量,再深入要素分析的思路,规划之初对城市生态系统从三个方面——城市生态足迹、城市生态承载力、城市复合生态系统健康状况分析等方面对城市生态系统状况以及未来发展的目标和方向有清晰的了解,再进入资源环境要

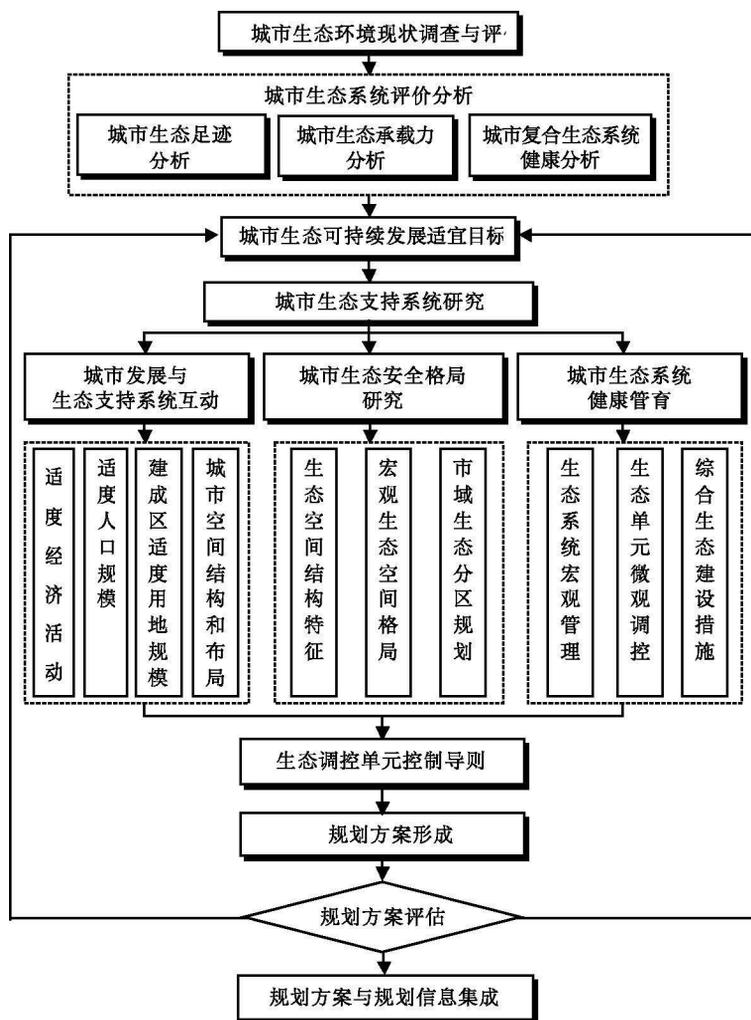


图 1-1 广州市城市生态可持续发展规划技术路线

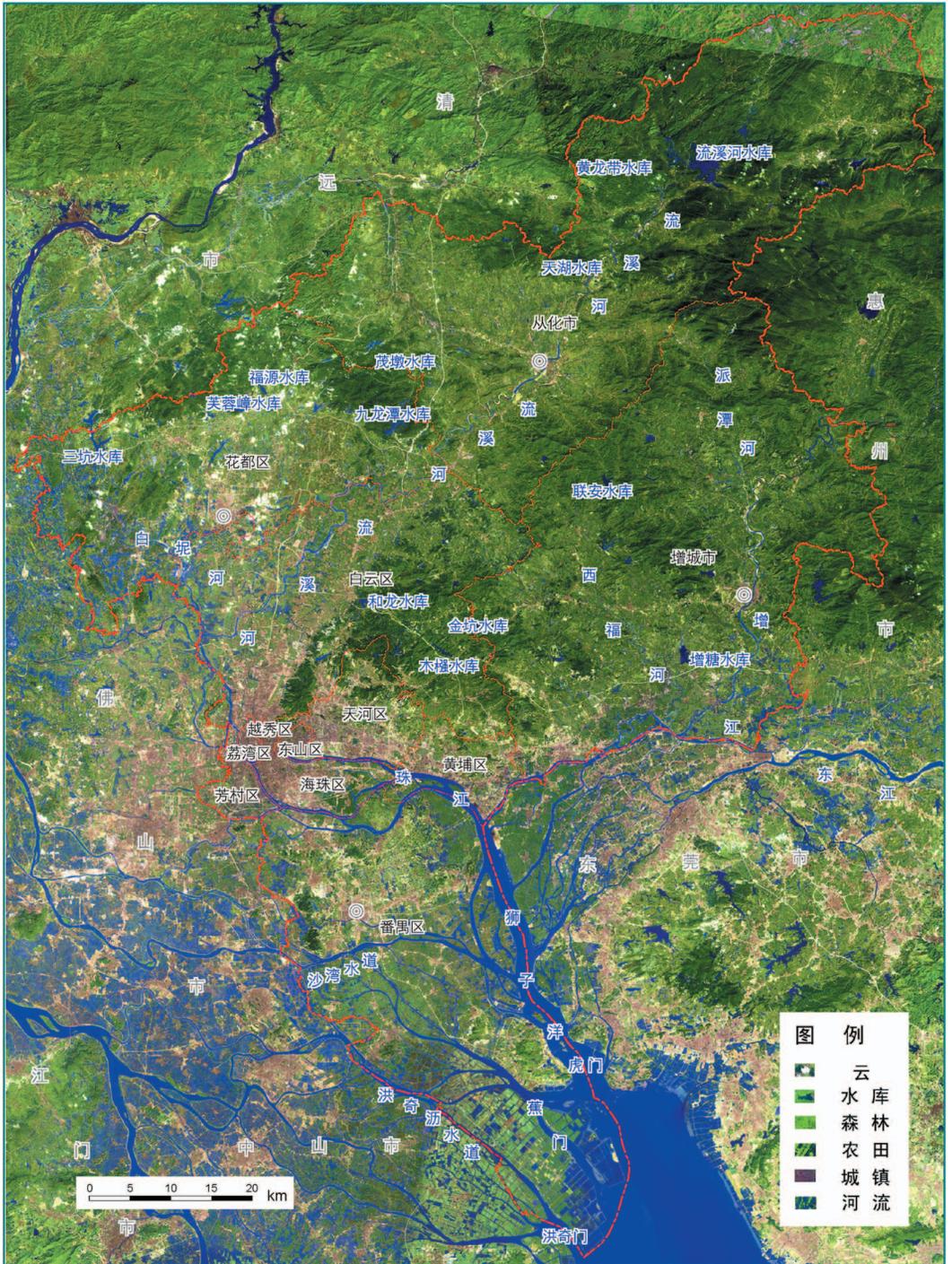


图 1-2 广州市遥感影像图 (2000 年 11 月)

素的分析阶段。

进行资源环境要素的时空特征分析后,其分析结果被应用于市域生态空间结构特征分析和生态分区研究,最后进行方案评估和规划信息集成。这时研究工作遵循的是“自下而上”、“先分后总”的工作思路。

本次规划工作的技术路线见图 1-1 所示。广州市 2000 年 11 月遥感影像图见图 1-2。

第三节 规划方法与技术

生态系统评价方法、系统工程、生态控制、定量分析和模糊评价、地理信息系统、遥感技术等方法共同构成了本规划工作的方法体系。

1. 生态系统评价方法

采用生态系统健康分析、生态足迹、生态系统承载力、生态位分析和生态经济学等多种方法,对城市生态可持续发展状况进行分析。

2. 系统工程方法

生态规划是一项复杂的系统工程。城市复合生态系统中诸要素和诸生态单元之间的关系是复杂多样的。但决定系统主要行为的关键组分和关系是有限的。实际规划工作中,自始至终贯彻系统思维,对生态网络的局部控制关系进行分析,模拟部分动力学机制,分析关键利导因子和限制因子,最后进行整合与总体规划。

3. 面向城市可持续发展的互动调控

生态可持续发展规划的任务就是要调和各种局部与整体、当前与长远、保育与发展、人与自然的矛盾冲突关系,实现城市可持续发展。然而人类要按自己的意愿去理想地控制人类-自然交互作用几乎是不可能的。本规划工作中,不是立足于寻求理想的控制模式,而是跟踪其过程,探索、找出合理的城市安全格局。

4. 生态信息叠置

生态可持续发展规划需根据城市社会、经济、自然等方面的信息,从宏观综合的角度,研究城市的生态建设和生态环境保护策略。本规划工作中,通过脆弱性分析、服务功能价值评估、生态活度位分析等,获得了大量调查信息。规划中,以生态信息叠置法为基础进行城市生态分区,并提出相应的调控对策。

5. 遥感、GIS 技术及软件工程

利用遥感解译分析技术,使用中分辨率卫星影像数据,结合万分之一电子地图,分析市域生态结构特征,包括土地利用、植被绿地覆盖、城市建筑容积率、水环境、大气环境、城市热场的空间分布等等,进而得出规划依据;利用 GIS 技术进行多种市域生态结构的空分析,并在 GIS 平台支持下开展生态分区和规划工作;最后利用软件工程技术进行遥感、GIS 与其他信息的集成,形成生态可持续发展规划信息系统,为城市生态规划管理的数字化奠定基础。

第二章 城市生态系统评价与生态可持续发展规划目标

城市生态可持续发展规划的最终目标是营造一个符合生态学原则,适合人类生活,健康、安全、充满活力、可持续发展的生态城市。在进行规划之初,客观地认识和评价城市生态系统现状,确定该系统的发展水平、发展潜力和限制因素十分重要,它是制定城市生态可持续发展适宜目标,进行城市生态规划、生态建设与管理的基础和依据。

遵循“自上而下”的评价方向,本研究首先从宏观整体角度估算城市生态足迹状况,然后评价城市发展的生态系统承载力变化状况。而城市作为一个“社会-经济-自然”复合生态系统,具有整体性、层次性、结构性、功能性、变异性和相对稳定性等特征项。因此可以通过对城市生态系统健康状况进行辨析,即按照这些特征,判别其状态水平,并与参照系进行比较,找出现有城市系统的利导因子和限制因子,以便有针对性地提出生态可持续发展目标指标体系,用于指导规划工作的进行。

第一节 城市生态足迹分析

生态可持续性是可可持续发展的基础和前提条件,也是城市生态规划应该达到的目标。加拿大生态经济学家 William 和其博士生 Wachernagel 于 20 世纪 90 年代初提出用生态足迹(ecological footprint)测度生态可持续发展状况。它从需求方面计算生态足迹的大小,从供给方面计算生态承载力,通过二者的比较,评价研究对象的生态可持续发展状况。生态足迹理论是一种有效直观的理论,有利于我们转变思考问题的视角和方式,从而对目前的全球或区域生态问题有更深刻和更全面的认识。

一个城市的生态足迹,就是支撑该城市经济和社会发展(有时仅从城市人口及其消费需求出发)所需要的生态上具有生产力的土地面积。应该注意到,城市生态系统具有开放性,城市与外界存在物质、能量和信息等方面的交换,城市需要不断从其他地方摄入大量的物质、能量,惟有如此才能维持城市人口的现有生活质量水平和经济活动强度。也就是说,城市发展的生态生产性土地供给不仅仅是来自城市内部。

研究城市内部的生态可持续性具有重要的意义。因为一个城市区域范围内的自然资源的可利用性和功能性,特别是不可取代的生命支持系统的服务功能,是未来城市发展的主要限制因素。可持续发展的模式应是占用较少的生态足迹,而生产更多的经济产出的经济发展模式。生态足迹的计量是目前国际上的热点,按照生态足迹的计算模型计算城市的生态足迹可以同国际上不同发展水平的国家和地区进行比较,可以作为了解广州城市生态可持续性水平的参考。

1. 生态足迹概念和模型

生态足迹的计算是基于以下两个基本事实:①人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其产生的废弃物的数量;②这些资源和废弃物流能转换成相应的生物生产面积。因此,任何已知人口(某个人、一个城市或一个国家)的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产总面积(包括陆地和水域)。

其计算公式为: $EF = Nef = N \sum (aa_i) = N \sum (c_i/p_i)$

式中, i 为消费商品和投入的类型; p_i 为*i*种消费商品的平均生产能力; c_i 为*i*种商品的人均消费量; aa_i 为人均*i*种交易商品折算的生物生产面积; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; EF 为总的生态足迹。

本节用生态足迹模型计算广州市在2000年的消费水平下,维持城市人群的生存和发展所必须的生物生产面积,并与全国及世界其他国家的人均平均生态足迹作比较,以期对广州市目前的资源利用方式作出定性判别。

2. 广州2000年生态足迹估算

根据生态足迹的概念及其计算方法,对广州市2000年的生态足迹进行实际计算和分析。需要说明的是,以下所有关于人均指标的计算值皆基于广州2000年常住人口数994.3万人得出。广州市生物生产性土地面积现状见表2-1。

表 2-1 广州生物生产性土地面积现状(2000年)

土地类型	土地面积/hm ²	占全市总面积/%	人均面积/(hm ² /人)
耕地	165 305.6	22.24	0.016 63
草地	199.6	0.03	0.000 02
林地	356 112.9	47.90	0.035 82
建设用地	117 726.9	15.84	0.011 84
水域	88 270.4	11.87	0.008 88
未利用土地	15 824.6	2.13	0.001 59
总计	743 440	100	0.074 77

资料来源:2000年广州遥感图像解译结果。

人类的生产、生活消费由两部分组成:生物资源的消费(主要是农产品和木材)和能源的消费。生物资源消费分为农产品、动物产品、水果和木材等大类。能源平衡账户部分主要涉及如下几种能源:煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力。计算生态足迹时将能源的消费转化为化石燃料生产土地面积。采用全球化石燃料生产土地单位面积的平均发热量为标准,将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石燃料土地面积。

根据生态足迹的计算公式将广州生物资源和能源消费转化为提供这类消费所需要的生物生产性土地面积,结果见表2-2、表2-3。

表 2-2 广州市生物资源消费生态足迹(2000 年)

生物资源	全球平均产量 /(kg/hm ²)	城市居民 消费量 /t	农村居民 消费量 /t	总消费量 /t	总生态足 迹/hm ²	人均生态 足迹/(hm ² /人)	生产面 积类型
粮食	2744	763 804.4	273 715.9	103 7520	378 105.1	0.0380	耕地
食用植物油	431	80 979.3	9 493.5	90 472.8	209 913.6	0.0211	耕地
鲜菜	18 000	1549 603.0	273 079.9	1786 683	99 260.2	0.0100	耕地
猪肉	74	224 924.4	—	224 942.4	3039 762	0.3057	耕地
牛羊肉	33	37 990.3	—	37 990.3	1151 220	0.1158	草地
鲜蛋	400	111 971.3	6 237.7	118 209	295 522.5	0.0297	耕地
肉禽类	764	319 918.1	67 486.1	387 404.1	507 073.5	0.0510	草地
水产品	29	397 898.1	26 078.9	423 977	12113 630	1.2183	水域
食糖	4997	23 993.9	2 936.8	26 830.6	5 369.3	0.0005	耕地
鲜瓜果	18 000	412 894.3	—	412 894.3	22 938.6	0.0023	耕地
鲜奶	502	96 975.2	—	96 975.2	193 117.6	0.0194	草地
木材	1.99m ³ /hm ²	—	—	147 265m ³	74 002.5	0.0074	林地

注:木材总消耗量中包括商品林消耗、生态林消耗、自然枯损消耗。

表 2-3 广州市能源消费生态足迹(2000 年)

能源类型	消费量 /10 ⁴ t 标煤	折算系数 /(GJ/t)	人均消费量 /(GJ/人)	全球平均能源 足迹/(GJ/hm ²)	人均生态足迹 /(hm ² /人)	生物生产性 土地类型
原煤	1013.57	20.93	21.340	55	0.3880	化石燃料土地
洗精煤	28.62	20.93	0.603	55	0.0110	化石燃料土地
焦炭	17.41	28.47	0.499	55	0.0091	化石燃料土地
原油	942.08	41.87	39.669	93	0.4267	化石燃料土地
汽油	-83.83	43.12	-3.636	93	-0.0391	化石燃料土地
煤油	23.05	43.12	1.000	93	0.0108	化石燃料土地
柴油	-142.74	42.71	-6.131	93	-0.0659	化石燃料土地
燃料油	297.28	50.20	15.009	71	0.2114	化石燃料土地
液化石油气	5.28	50.20	0.267	71	0.0038	化石燃料土地
天然气	1.33	38.98	0.052	93	0.0006	化石燃料土地
其他石油制品	2.51	41.87	0.106	93	0.0011	化石燃料土地
电力	20.46	11.84	0.244	1000	0.0002	建筑用地
其他能源	8.36	36.19	0.304	71	0.0043	化石燃料用地

注:化石燃料土地是 Wackernagel 提出的,指人类应该留出用于吸收 CO₂ 的土地。消费量数据是指可供本地区消费的能源量,汽油、柴油的消费量为负值,它们是由原油炼油转化而来,原油的消费量中已经包含了它们的消费,因而要扣除它们占用的化石燃料土地面积。另外,表中未包括热力资源消费也是因为热力全部由火力发电转化而来,原煤的消费量中已将其包含在内。

表 2-4 是广州市 2000 年生态足迹计算结果。其中生态足迹的需求部分是前面计算的汇总,由于单位面积耕地、化石燃料土地、牧草地、林地等的生物生产能力差异很大,为了使计算结果转化为一个可比较的标准,有必要在每种生物生产面积前乘上一个均衡因子(权重),以转化为统一的、可比较的生物生产面积。均衡因子的选取来自世界各国生态足迹计量研究的报告。而生态足迹的供给则反映广州本地的资源供给能力。在供给方由于各国或地区的各种生物生产面积的产出差异很大,在转化成生物生产面积时分别乘上一个产出因子。本研究对广州市采用的产出因子是 Wackernagel 文献中对中国生态足迹的计算取值的 2 倍(通过统计年鉴的数据估算,可认为广州市土地生产力是全国平均水平的 2 倍左右)。同时出于谨慎性考虑,在计算广州生态足迹的供给时扣除了 12% 的生物多样性保护面积。

表 2-4 广州市生态足迹的需求与供给(2000 年)

土地类型	生态足迹的需求			土地类型	生态足迹的供给		
	总面积 /(hm ² /人)	均衡 因子	均衡面积 /(hm ² /人)		总面积 /(hm ² /人)	产出 因子	均衡面积 /(hm ² /人)
耕地	0.4074	2.8	1.141	耕地	0.01660	2.24	0.104
草地	0.1862	0.5	0.093	草地	0.00002	3.29	0.00003
林地	0.0074	1.1	0.008	林地	0.03580	1.20	0.047
建筑用地	0.0002	2.8	0.001	建筑	0.01180	2.24	0.074
水域	1.2183	0.2	0.244	水域	0.00890	1.00	0.002
化石燃料	0.9614	1.1	1.058	CO ₂ 吸收	0	0	0
总生态足迹			2.544	总供给面积			0.227
				生物多样性保护(12%)			0.027
				总生态承载力			0.200

表 2-5 广州与部分国家和地区(城市)的生态足迹比较

生态足迹范围	国家/地区	人口 /万人	生态足迹 /(hm ² /人)	生态承载力 /(hm ² /人)	生态赤字 /(hm ² /人)	数据年份
国 家						
<1	印度	97000	0.8	0.5	-0.3	1997
1~2	中国平均	124731.5	1.2	0.8	-0.4	1997
2~3	世界平均	589248	2.8	2.1	-0.7	1997
4~6	日本	12567.2	4.3	0.9	-3.4	1997
	英国	5858.7	4.6	1.8	-2.9	1997
	瑞典	886.2	5.9	7	1.1	1997
	俄罗斯	14638.1	6	3.7	-2.3	1997
6~8	新加坡	290	6.9	0.1	-6.8	1997
	加拿大	3010.1	7.7	9.6	1.9	1997
	美国	26828.9	10.3	6.7	-3.6	1997

生态足迹范围	国家/地区	人口 /万人	生态足迹 /(hm ² /人)	生态承载力 /(hm ² /人)	生态赤字 /(hm ² /人)	数据年份
城 市						
<2	重庆(中国)	3072.34	1	0.3	-0.7	1997
2~4	厦门(中国)	131.27	2.4	0.3	-2.1	2003
	广州(中国)	994.3	2.5	0.2	-2.3	2000
	澳门(中国)	49.3	2.91	0.01	-2.9	2001
	坦佩雷(芬兰)	19.4	3.43			1999
	赫尔辛基(芬兰)	55.42	3.456	0.035	-3.421	1995
4~6	堪培拉(澳大利亚)	30	4.5			1998
	利物浦(英国)		4.15	1.8	-2.35	1999
	威尔士(英国)	294.62	5.25	2.02	-3.23	2002
	格拉斯哥(英国)		5.37			2002
	阿伯丁(英国)		5.87			2002
	贝桑松(法国)		5.2			
	巴黎(法国)		6			
6~8	香港(中国)	670.84	6.06	0.03	-6.03	2001
	伦敦(英国)	740	6.63	0.16	-6.47	2002
	多伦多(加拿大)	238.5	7.6			1996
	奥斯陆(挪威)		7.765			2000
>8	索诺玛(美国)	45.86	9.07	2.11	-6.96	2002

资料来源:

各个国家的数据来源于:Wackernagel等(1997)对52个国家生态足迹计算的更新表;

坦佩雷数据来源于:<http://www.tampere.fi/ytoteto/yva/eng/news/ecolfootpr.htm>;

赫尔辛基数据来源于:<http://www.gdrc.org/uem/footprints/helsinki.html>;

利物浦数据来源于:<http://www.york.ac.uk/inst/sei/footprint/liverpool.html>;

贝桑松数据来源于:http://www.redefiningprogress.org/media/clips/020822_paf.html;

威尔士数据来源于:WWF-UK and Welsh Assembly Government(2002);

巴黎数据来源于:http://www.redefiningprogress.org/media/clips/020822_paf.html;

奥斯陆数据来源于:http://www.prosus.uio.no/english/sus_dev/tools/ecofootprint_oslo.htm;

索诺玛来源于:<http://www.redefiningprogress.org/programs/sustainability/ef/projects/local.html>;

伦敦数据来源于:Oswald A.Dodds,IWM(EB)(Chartered Institution of Wastes Management Environmental Body), Best Foot Forward.City Limit:A Resource Flow and Ecological Footprint Analysis of Greater London.2002

堪培拉数据来源于:Close A,Foran B.Canberra's ecological footprint,Working Paper Series 98/12,CSIRO(Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation)Wildlife and Ecology,Resource Futures Program.1998.

格拉斯哥、阿伯丁数据来源于:Craig Simmons(2002),Best Foot Forward.Five Cities Footprint,Scottish Executive.2002

多伦多数据来源于:Onisto,Lawrence,Eric Krause and M.Wackernagel.How Big Is Toronto's Ecological Footprint, Centre for Sustainability Studies and the City of Toronto,September 1998.

香港、澳门生态足迹计算结果来源于:Lei Kampeng,Wang Zhishi.The Analysis about Ecological Footprints of Macao in 2001.Proceedings of the Internet Conference on Ecocity Development.2003

重庆市的数据来源于:张志强,徐中民,程国栋等.中国西部12省(区、市)的生态足迹.地理学报,56(5):599~610. 2001.

厦门市数据来源于:厦门市生态城市概念性规划研究报告,北京师范大学环境科学研究所,2003.

由表 2-4 可知,广州市 2000 年人均生态足迹约为 $2.5\text{hm}^2/\text{人}$,当地的人均生态承载力约为 $0.2\text{hm}^2/\text{人}$,生态足迹是当地生态承载力的 12 倍左右。里斯教授和其课题组在对世界上其他城市的生态足迹计算中也发现,几乎所有城市都占有比其自身行政面积可提供的大得多的生态足迹。发达国家城市的生态足迹更是数倍乃至数十倍于其自身的城市面积。这说明,随着国际贸易和国内贸易的进行,就发达国家而言,它们需要从发展中国家输入生态足迹;就城市而言,它们需要从农村、郊区输入生态足迹。那么广州市要保持现有的生活水准,很大程度上依赖于外部输入,它需要通过国际贸易和国内贸易从区外输入生态足迹。

因此,为减少全球的资源消耗,为促进全球的可持续发展,发达国家、富裕城市和富裕地区必须尽可能减少其自身占有的生态足迹面积,只有这样才能减少其对自身资源的消耗,同时亦有助于减少不发达地区生态足迹的输出,缓解不发达地区的生态恶化程度,这样将大大有助于减少自然界物质和能量的损耗,推进全球的可持续发展。

在 2000 年消费水平下,广州市人均生态足迹约为 $2.5\text{hm}^2/\text{人}$,高于中国平均水平($1.2\text{hm}^2/\text{人}$)及中国西部省份的生态足迹,接近世界平均水平($2.8\text{hm}^2/\text{人}$),但低于美国、加拿大、新加坡、日本、瑞典、英国等发达国家和中国香港地区(表 2-5)。

生态足迹的理论分析表明,生活模式是影响城市生态足迹大小的关键因素。学者们曾对人均消费水平与人均生态足迹的关系作了研究,发现发达国家居民的生态足迹面积普遍较高,这与其生活模式和消费方式有着直接的成正比关系。高消费的生活模式直接导致了人均生态足迹的扩大。

因此,为减少人均生态足迹,应当高效利用现有资源量、改变人们的生产和生活消费方式,建立资源节约型的社会生产和消费体系,这也是生态型城市极力推崇的生态消费方式。

3. 广州城市生态足迹的动态变化趋势

采用上述的生态足迹计算方法,以广州统计年鉴(1996~2001 年)的数据为基础,分析计算了 1995~2000 年的生态足迹,以此来分析广州的生态足迹变化趋势。图 2-1 是广州市总生态足迹的变化状况。图 2-2 是人均生态足迹与万元 GDP 占用生态足迹的变化

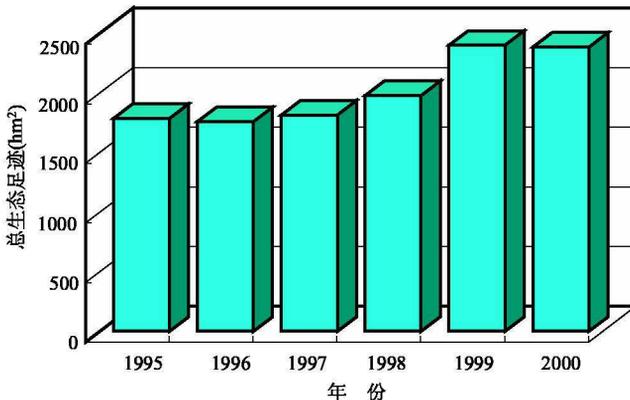


图 2-1 广州市总生态足迹变化趋势(1995~2000 年)

趋势。

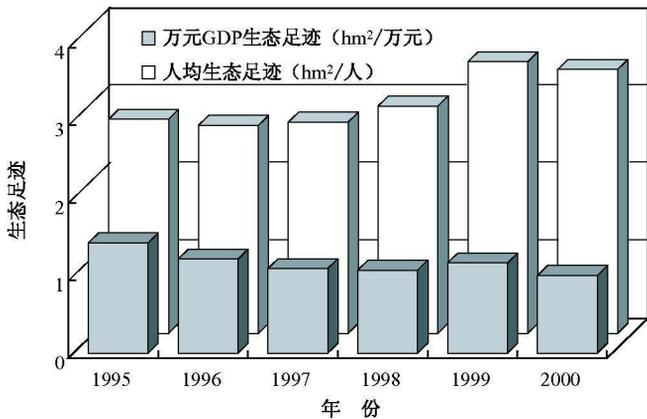


图 2-2 广州市人均生态足迹与万元 GDP 占用生态足迹变化趋势

可以看出,广州市 1995~2000 年间全市总生态足迹呈增长趋势,2000 年的增长速率略有降低;人均生态足迹也略呈上升趋势,2000 年比 1999 年有所降低;而万元 GDP 生态足迹呈较明显的下降趋势,但 1999 年的万元 GDP 生态足迹比 1998 年要高。这说明广州市总体上经济发展的资源利用方式在逐步由粗放型、消耗型转为集约型、节约型。

按照以往国际城市的发展经验,广州正处于发展中国家城市向发达国家城市的转变阶段。未来广州市要保持现有的生活水准,仍然很大程度上依赖于外部输入,需要通过国际贸易和国内贸易从区外输入生态足迹。同时,生产活动中还应进一步注重提高资源转化效率,人们生活消费也还没有迈入生态节约型的消费模式,需要进行广泛的生态文化宣传,在全社会提倡生态消费。

第二节 城市生态系统承载力评价

尽管不同国家、不同学者对城市可持续发展概念的理解存在差异,但在一点上是一致的,就是城市可持续发展首先必须是城市中人的生存与发展,是人与其生存环境的共同发展。从承载与被承载的关系来看,人是被承载的对象,城市生态环境是载体,城市中的人与其赖以生存的生态环境共同构成一个不可分割的整体,即城市自然-人工复合生态系统。在这个复合系统中,人通过消耗资源来维持衣食住行,从社会角度而言,也就是维持城市社会经济的正常运转和发展。人类在消耗资源的同时,又在排放大量的废物(污染物)。所以城市发展要实现可持续,就必须想办法解决资源供给和消纳城市排放的各种废物的问题。然而,资源是有限的,环境容量也是有限的,因此城市的发展必然受到资源与环境条件的制约,也就是说要考虑资源和环境的承载能力。这两种承载力都是从单方面表征对城市发展的承载,而从整个城市系统来看,资源系统和环境系统都是组成城市生态系统的基本组分,孤立地研究单要素的承载力就存在明显的缺陷。因此从可持续发展的角度来看,城市的发展必须满足城市生态系统承载力的阈值要求,也就是说,城市的发展必须建立在城市生态支持系统承载力维持、调节和提高之上,城市的可持续发展也必须

满足城市生态系统承载力的要求。

城市生态系统如同生命体一样,有自我维持和自我调节能力,在不受外力与人为干扰的情况下,城市生态系统可保持自我平衡状态,其变化的波动范围是在自我调节范围内,这在生态学上称作稳态。在巨大的城市生态系统中,物质循环和能量流动的相互作用,建立了自校稳态机制(self-correction homeostasis)而无需外界控制。但城市生态系统的稳态机制是有限度的,当系统压力超过稳态限度后,系统便发生转变,从一个稳态走向另一种稳态,但稳态的变化是渐进的并表现为一系列的台阶,称作稳态台阶。在稳态台阶范围内,即使有压力使其偏高,仍能借助于负反馈保持相当稳定。超出这个稳定范围,正反馈导致系统迅速破坏。所以,如果要实现城市生态系统不发生剧烈变化或不超出正常波动范围,则压力的作用必须在城市生态系统的可自我维持和自我调节能力范围内,否则系统便走向衰退或死亡。所以,面向可持续发展,城市中的任何活动都必须考虑城市生态系统承载力,不破坏其稳态机制。

1. 城市生态系统承载力概念框架

城市生态系统主要是由城市生态支持子系统(包括人工和自然)和城市社会经济子系统共同构成的(图 2-3)。这两个子系统之间的结构配置、功能耦合以及相互作用决定了整个城市生态系统承载力的特征和大小。在城市生态系统中,城市生态环境作为城市活动的载体,为城市的生存和发展提供了必要的空间、物质、信息、能量等物质和服务需求,统称为城市生态服务功能。而城市生态服务功能的正常发挥必须有健康的城市生态支持系统作支持。因此,保持城市生态支持系统健康是维系城市生态系统承载力的最基本条件。另一方面,从城市生态系统结构和组成来看,主要包括城市资源与城市环境要素。这两种要素与城市中的人共同构成了城市生态系统中的三大要素。传统上,城市生态承载力研究基本上是抛开城市生态系统整体性的单要素研究,结果导致承载力研究的片面性和忽视城市生态系统平衡。在以往的有关承载力的研究中,基本上偏重于从单项资源现有总体数量对人口的承载能力方面进行分析和研究,而忽视了生态系统的整体效应对系统承载力的影响,因而造成生态系统总是处于超负荷状态。虽然在实际应用中仍需针对单项资源和环境承载力进行详细分析,但最终要与生态系统承载力的总体评价之间形成反馈、互动,从而使单项承载力研究更具合理性和可操作性,综合(复合)承载力评价更具指导意义。因此,城市生态系统承载力应该成为研究城市可持续发展的重要支撑理论之一。

此外,社会经济子系统是城市生态系统内部最活跃的子系统,为城市生态系统的进化和发展提供主要的驱动力。然而,它在从城市生态支持子系统汲取物质、能量和服务的同时也给生态支持子系统造成各种压力,因而构成了城市生态系统承载力的“驱动力-压力”复合组分。当城市社会经济子系统稳定发展,同时城市生态支持子系统亦保持稳定或者支持水平提高的情况下,城市生态系统承载力呈增长趋势,当其增长速度大于或等于城市生态系统压力增长速度时,城市将可持续发展,并呈现出某种阶段性特征。

城市生态系统承载力是指城市在保持其生态支持系统完好的前提下,城市发展能力与其承受压力(包括系统内压力和外压力)能力的合力。主要表现为城市生态系统通过其资源与环境子系统的供容能力所维系的人类社会经济活动强度与人口规模,其大小由城

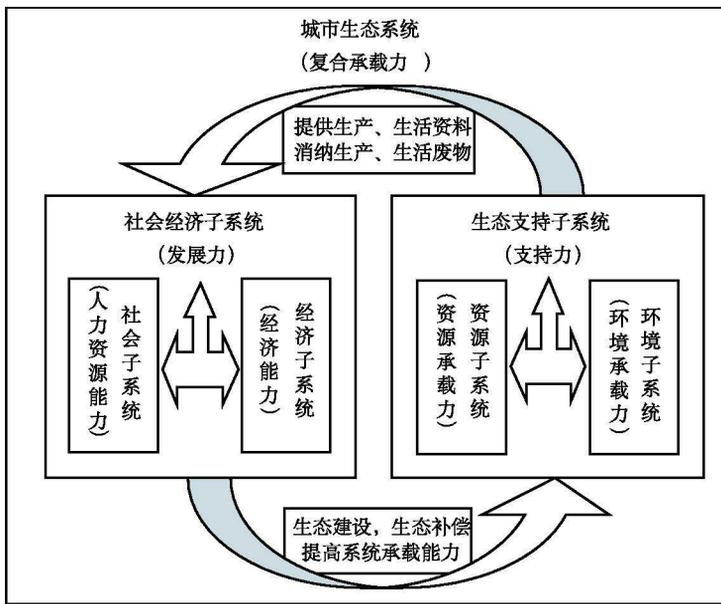


图 2-3 城市生态系统结构关系示意图

市生态系统的复杂性、开放性、服务功能的大小及人类活动等因素决定。城市生态系统是一种复合生态系统,结构与功能极为复杂,为能更好地全面分析其承载力大小与特征,可将其分解为多种分力(矢量型),并且各分力针对城市生态系统不同结构组分而存在。

通常,城市生态系统承载力主要是通过其所支撑的社会经济活动强度和具有一定生活水平的人口数量来表征的。这是城市生态系统承载力的外在表现,可以用几个指标或构建成指数来表达,比较直观和容易理解,这正是一般计算资源承载力和环境承载力所使用的方法。然而,仅使用这些表征生态系统外在表现的指标难以反映城市生态系统所具有的内在功能——自我恢复和自我调节的能力,而这种内在功能正是城市生态系统承载力的根本和核心。因此,还必须找到一种能够表达城市生态系统内在功能的方法或指标,并与系统外在表现指标共同表征城市生态系统承载力,从而实现对复杂系统描述的内外结合,层次呼应,以及功能、结构、要素相统一,使生态系统承载力研究更具层次性、合理性和系统性。

2. 城市生态系统承载力模型

2.1 城市生态系统承载力的概念模型

城市生态系统如同生命体一样,有自我调节与自我恢复的能力,在内外扰动或压力不超过其最大承载能力时,当压力撤除以后系统能够从偏离平衡状态的位置重新恢复到原有的平衡态,这就是城市生态系统的恢复力(resilience)。这种恢复力对于城市生态系统是至关重要的,正是因为这种恢复力的存在,城市生态支持系统才能够维持健康的状态,实现资源的持续供给、环境的持续纳污,即实现城市生态系统的支持能力,从而支持大规模的人类经济活动。可以说,城市生态系统恢复力是城市生态系统支持力的功能基础。

根据对城市生态系统结构与功能的分析及对城市生态系统承载力的定义,可认为生态支持子系统的支持能力和社会经济子系统的发展能力,都是城市生态系统承载力的主要组成,社会经济子系统的发展能力的作用表现在它既可通过生态建设等方式来提高城市生态支持系统的支持能力,也可通过经济能力建设和科学技术进步等方式促进城市良性发展。对于城市这一社会-经济-自然复合生态系统来说,其承载力是由生态支持子系统支持力与社会经济子系统发展力的耦合形成的。

理论上,可以使用带有两种成分的模拟模型来估算城市生态系统承载力(UECC)。第一个模型成分就是城市生态支持子系统的生态支持力(N),它包含资源供给与环境纳污能力,并与生态系统恢复力呈正相关,而与损害力呈负相关;第二个模型成分是社会经济子系统的发展力(F),它包含技术进步和经济能力,也是促使城市生态系统承载力不断提高的驱动力成分。城市生态系统承载力就可以用两者的耦合模型来综合表达。其物理意义可由图 2-4 表达。

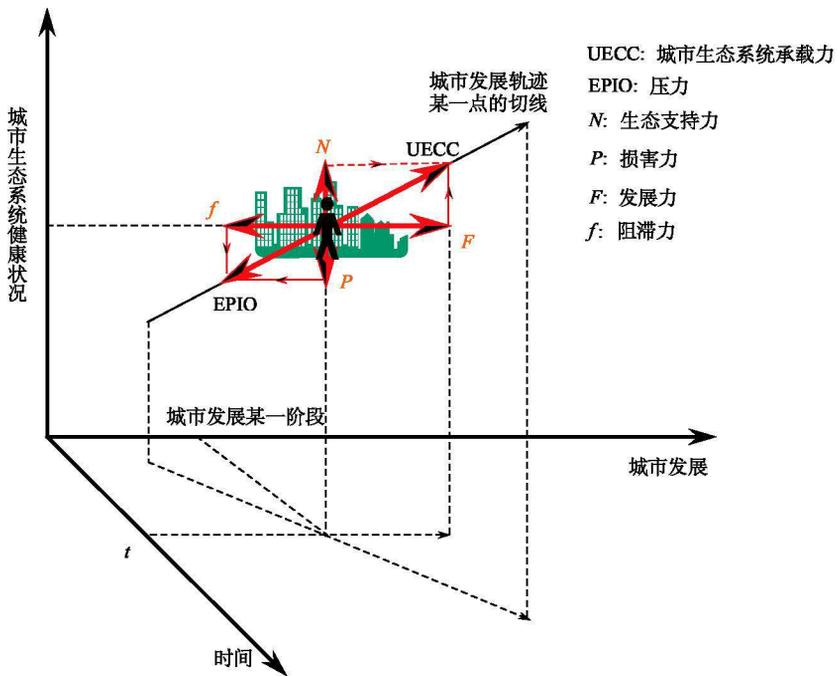


图 2-4 城市生态系统承载力物理意义分解示意图

2.2 城市生态系统承载力的计量模型

根据城市生态系统承载力的理论模型分析并参考国内外较成熟的 PREE(人口-资源-环境-经济)系统可持续发展度(冯玉广和王华东,1997)的计算模型,可得到城市生态系统承载力计量模型。模型由以下三部分组成。

(1)城市生态支持子系统支持力模型

$$N = R \cdot \alpha^2 \cdot e^{\beta s} \quad (2-1)$$

$$\text{其中} \quad \left\{ \begin{array}{l} R = k_1 \left[\sum_{i=1}^n S_i \cdot \log_2 S_i \right] \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot P_i \\ \alpha = k_2 \sum_{i=1}^m r_i / G \\ \beta = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \lambda_j K_j \end{array} \right.$$

式中, N 为城市生态支持子系统的支持力; R 为生态系统恢复指数(resilience); α 为资源供给指数; β 为环境容量指数, 这里用主要污染物排放标准表达; r_i 为第 i 种资源的供给量; G 为国内生产总值(为方便计算, 均取 1990 年不变价); S_i 为地物 i 的覆盖面积占全市总面积的百分比; P_i 为地物 i 的弹性分值; λ_j 为污染权重; K_j 为污染物 j 的排放标准; k 为污染物种类; k_1, k_2 为常数(用来消去量纲; 为便于比较, 实际应用中用相对承载力, 因此这里的常数在计算中无数值意义)。

(2) 城市生态系统发展力模型

$$F = \mu \cdot \delta \cdot E_{co} \quad (2-2)$$

其中

$$E_{co} = \frac{\Delta G / G}{\Delta \text{POP} / \text{POP}}$$

式中, F 为社会经济子系统的发展指数; μ 为技术指数, 这里用高新技术产品产值占工业总产值比重表达; δ 为人力资源指数, 这里用劳动力资源占总人口比重表达; E_{co} 为经济能力指数; $\Delta G / G$ 为国内生产总值增长率; $\Delta \text{POP} / \text{POP}$ 为人口规模变化率。

(3) 城市生态系统承载力耦合模型

$$\text{UECC} = f(N, F) = r \cdot N \cdot e^F \quad (2-3)$$

其中

$$\gamma = a \sum_{j=1}^l \left[\cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{M_j / \text{POP}}{M_{j0} / \text{POP}'} \right] + b$$

式中, UECC 为城市生态系统承载力; r 为特征因子(自然资源型或科学技术型, 对于非资源型城市该值取 1); M_j 为第 j 种不可再生资源的当年开采量(资源型城市); M_{j0} 为第 j 种不可再生资源当年的消耗量; a, b 为常数, 且 $a + b = 1$ 。

2.3 城市生态系统压力

城市生态系统承载力总是相对于城市生态系统压力存在的, 这种压力产生的根源是城市人口的急剧膨胀和经济活动的不断加强。考虑到社会经济子系统的“驱动力-压力”复合组分对城市生态系统承载力贡献的复杂性, 这里将对城市生态系统压力分为内压力和外压力(间接压力)。前者指社会经济子系统对生态支持系统产生的压力, 主要表现为资源消耗和环境污染; 后者指城市复合生态系统产生的压力, 主要表现为人口规模、经济活动强度和生活质量的要求。这里构建城市生态系统压力指数(EPIO)来表征这种压力状况, 并探求其增长趋势与城市生态系统承载力(UECC)的关系(在二维坐标系中, 并取二者夹角为 γ), 以判断城市能否持续发展。当城市生态系统维持一定健康状态, 人们生活水平达到一定标准时: ① 夹角 $\gamma > 0^\circ$ 时, 城市生态系统承载力增长率大于压力增长率, 城市可持续发展, 城市生态子系统向健康方向发展, 人口规模可继续扩大, 经济活动可继续加强; ② 当 $\gamma = 0^\circ$ 时, 城市生态系统稳定, 人口规模与经济活动强度适度; ③ 当 $\gamma < 0^\circ$

时,城市生态系统承载力增长率小于压力增长率,当这种模式持续时间过长,压力最终远远超过承载力时,系统将崩溃。

计量模型如下

$$EPIO = \alpha^2 \cdot e^{\beta u} \quad (2-4)$$

$$\text{其中} \quad \begin{cases} \alpha = k_3 \sum_{i=1}^m (\text{POP} \cdot s_i + G \cdot \omega_i) / G \\ \beta = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \lambda_j (\text{POP} \cdot w_j + G \cdot \psi_j) \end{cases}$$

式中, α 为资源消耗指数; β 为环境污染指数,这里用主要污染物的等标污染负荷比表达; POP 为人口规模; s_i 为第 i 种资源的人均使用量; G 为国内生产总值(为方便计算,均取 1990 年不变价); ω_i 为万元 GDP 资源消耗量; λ_j 为污染物权重; w_j 为污染物 j 的人均排放量; ψ_j 为万元 GDP 污染物排放量; k_3 为常数; k 为污染物种类。

3. 广州市城市生态系统承载力-压力状态评价

本研究选择 1992 年作为起点,计算历年广州城市生态系统承载力与压力,并通过分析两者的相关变化情况了解城市生态发展态势,并通过其变化规律预测未来发展趋势,从而指导规划。

因此,这里将计算城市生态系统相对承载力与压力并进行对比分析。

$$UECC_{Ri} = \frac{UECC_{Ai}}{\min UECC_{Ai}}$$

$$EPIO_{Ri} = \frac{EPIO_{Ai}}{\min EPIO_{Ai}}$$

式中, $UECC_{Ri}$ 为某一时段受评生态系统的相对承载力; $UECC_{Ai}$ 为某一时段受评生态系统的绝对承载力; $\min UECC_{Ai}$ 为某一时间序列中受评生态系统绝对承载力的最小值; $EPIO_{Ri}$ 为某一时段受评生态系统的相对压力; $EPIO_{Ai}$ 为某一时段受评生态系统的绝对压力; $\min EPIO_{Ai}$ 为某一时间序列中受评生态系统绝对压力的最小值。

采集从 1992 年到 2000 年的基础数据,根据城市生态系统承载力模型,分步进行计算。计算结果如表 2-6 所列。

根据以上计算结果可知,自 1992 年以来,广州市城市生态系统承载力呈现上升趋势,而生态系统压力则基本保持稳定。这说明广州市基本上处于经济发展与城市生态系统支持力同步发展的良性状态。总体上国民经济活动强度维持在生态系统承载力允许的范围内。广州市未来仍需保持城市经济发展与生态系统支持力同步发展的态势,尤其要保持城市经济持续、快速发展,以促进城市生态系统承载力的提高。