

城市生态支持系统瓶颈分析方法及应用研究

胡廷兰,何孟常,杨志峰*

(北京师范大学环境学院,环境模拟与污染控制国家重点联合实验室,北京 100875)

摘要:城市是由社会、经济和自然 3 个子系统构成的复合生态系统,城市的发展需要凭借城市生态支持系统的支撑。城市生态支持系统由多个因子组成,瓶颈要素是城市生态支持系统中阻碍和制约城市发展的因子。基于供需平衡原理,建立了以瓶颈指数和瓶颈等级为基础的瓶颈要素评价方法,并采用此方法对不同情景下各目标年广州城市生态支持系统瓶颈要素进行了辨识。分析结果表明,在当前资源利用及环境保护水平情景下,广州市城市生态支持系统不能适应广州城市未来的发展,对城市发展的制约作用十分明显;在实施生态调控策略情景下,瓶颈要素的制约作用有所缓解,广州城市生态支持系统支撑能力得到极大扩展,为城市生态系统实施可持续发展战略奠定了生态基础。

关键词:城市生态支持系统;瓶颈因素

An analytical method on limiting factors of urban ecological supporting system and its application to Guangzhou City

HU Ting-Lan, HE Meng-Chang, YANG Zhi-Feng* (School of Environment, Beijing Normal University, State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, Beijing 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1493~1499.

Abstract: A City is a complex ecosystem comprising social, economic and natural subsystems. Its development depends on the integrity of Urban Ecological Supporting System (UESS). However traditional urban planning either neglected the ecological research or isolated the individual factors of UESS rather than considering the UESS's whole state in setting developing goals and resources allocation. Sustainable development theory requires careful consideration of the capacity of earth's life supporting system. It is important to harmonize the relationships between man and nature using a systems approach to the carrying capacity of UESS. This paper characterized the dynamics of UESS and proposed an assessing method of limiting factor based on supply and demand theory, which indicates that there are three relations between a commodity's supply and demand. Limiting indices for resource and environmental factors were established accordingly for they have different supply and demand attribute. Resource factors' effects to urban ecosystem can be expressed directly in factors' quantity. Thus the limiting indices for resource factors were established by the contrasting of scarcity to demand. For some environmental factors with national, regional or industrial guiding standards such as forestland, urban vegetation, energy structure and so on, the limiting indices were set up by the difference of the factor's state to its standard value. For air and water environment, this paper developed the limiting indices through contrasting of residual environmental carrying capacity to total environmental carrying capacity. Also, the limiting effect was quantified with a scale of 5 grades from grade I to grade V, with grade I indicating the strongest limiting effect and grade V none. The grade of each factor was established based on Delphi Method. Two methods of limiting factors controlling and regulating were proposed. One is to control the demand and the other is to expand the supply. The method was applied to a case study for the UESS of Guangzhou City on different scenarios and target periods. The results

基金项目:高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目(2002)

收稿日期:2003-10-21;修订日期:2004-04-20

作者简介:胡廷兰(1975~),女,重庆人,博士生,主要从事生态城市规划研究。E-mail:xueon@bnu.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zfyang@bnu.edu.cn

Foundation item: the Teaching and Research Award Program for Outstanding Young Teachers in Higher Education Institutions of MOE, P. R. C (No. 2002)

Received date: 2003-10-21; **Accepted date:** 2004-04-20

Biography: Hu Ting-Lan, Ph. D. candidate, mainly engaged in eco-city planning. E-mail: xueon@bnu.edu.cn. E-mail: xueon@bnu.edu.cn

indicate that on the scenario of current resource utilization pattern and environment protection, the UESS of Guangzhou City cannot meet the needs of urban development in the future and the stresses resulting from limiting factors will be even stronger with the development of the urban ecosystem. On scenario of implementing ecological controlling and regulating, limiting factor's blocking effects decreased gradually. On the contrary, the carrying capacity of Guangzhou UESS increased highly and provided a sound ecological basis for urban sustainable development.

Key words: urban ecological supporting system (UESS); limiting factors

文章编号:1000-0933(2004)07-1493-07 中图分类号:Q148,X32 文献标识码:A

传统城市规划主要是城市物质环境和空间布局的方案^[1],在规划中或者根本忽略城市生态环境调查研究,或者孤立分析单个要素的状况,而很少将城市作为一个有机整体、将自然生态系统作为城市有机整体的一部分进行综合、系统的分析,更没有将其总体状态作为城市发展目标确定和资金资源配置的参照,使得城市环境和资源的可持续性问题被排除在城市规划之外。随着可持续发展成为世界各国的行动纲领,控制论和系统论思想被引入城市规划领域,城市规划走出传统城市建设规划的误区,提出“可持续发展城市规划^[2,3]”、“生态城市规划^[4,5]”、“城市生态可持续发展规划^①”等理念,力求将城市自然生态系统纳入城市规划范畴。同时,在可持续发展思想的指导下,人类更加关注地球生命支持系统的承载力和生态系统健康^[6~8],使生命支持系统生态学成为城市生态学的前沿研究领域之一^[9]。因而,从资源禀赋和环境调控能力角度对城市自然生态系统进行系统综合分析,以城市生态支持系统状况为基础确定和调整城市发展目标,调和人与自然矛盾、避免城市生态环境问题是现代城市规划不可或缺的工作,对实现城市可持续发展具有战略性指导意义。

城市生态支持系统(Urban Ecological Supporting System)由诸多要素组成,由于城市发展不可逆,为了避免盲目发展,有必要根据城市发展态势和发展目标,评价城市生态支持系统综合支持能力,找出制约城市发展的瓶颈要素,制定合理的调控策略和措施,解除瓶颈要素对城市发展的制约,推动城市可持续发展。本文从城市生态支持系统对城市发展的支撑作用出发分析了瓶颈要素评价的重要性,根据城市复合生态系统特征,建立了基于供需平衡理论的瓶颈要素分析方法,并对广州城市生态支持系统的瓶颈要素进行了初步辨识。

1 城市生态支持系统瓶颈要素分析的理论依据

1.1 城市复合生态系统与城市生态支持系统

城市是由社会、经济和自然 3 个子系统构成的复合生态系统,城市各部门的经济活动和代谢过程是城市生存和发展的活力与命脉,人的社会行为和文化观念是城市演替与进化的动力泵^[10]。作为人口聚集地和高强度经济活动的主体,城市具有旺盛的资源、能源、原料需求和严格的生态环境质量要求;而作为一个耗散结构和人工生态系统,城市自身不能够提供其所需的物质原料和环境,它必须凭借生态系统的支撑,从外界获取物质和能量,不断地输出产品和废物,保持自身的稳定有序。城市生态支持系统是城市用以协调城市与自然的相互关系,维持和推动整个城市生态系统的稳定和平衡,为城市提供生态支持和调控的系统^[11],它是城市赖以生存的生态基础和载体,一定政治、社会、技术、经济背景下决定着城市可持续发展状况、方向和规模。城市生态支持系统由一系列复杂生态环境要素构成,不同要素具有不同功能和支撑作用,能够满足城市发展的不同要求。城市生态支持系统对城市发展的支撑作用包括由资源要素(如水资源、土地资源、能源等)、环境要素(如水环境、大气环境、绿地系统等)以及人共同决定资源的持续供给能力、环境持续容纳能力、自然持续缓冲能力以及人类自组织自调节能力^[10]。

城市社会经济系统增长型的发展趋势决定了其对资源的需求是无限的;生态支持系统的发展是稳定型的,它寻求在发展中的平衡与协调,并且逐步趋向于最大的稳定态^[12],经济发展无限需求与生态支持系统有限供给之间的矛盾决定了制约城市生态系统可持续发展的瓶颈要素必然存在。如同适用于自然生态系统的生态因子作用规律和最小因子法则所描述的“各种生态因子总是综合地起作用,但具体情况下总是由一个或少数几个生态因子起着主导作用”一样,城市生态支持系统瓶颈要素是阻碍和制约城市社会经济系统发展速度和规模、主导城市发展方向的关键要素。城市生态支持系统瓶颈要素分析最终目的是通过辨识制约城市发展的关键要素,实施生态调控策略,提升瓶颈要素对城市发展的支撑能力,优化城市生态系统的发展环境。

1.2 城市生态支持系统的动态特征

对特定城市生态系统而言,生态支持系统具有特定的空间范围和固定的地域界限,其结构和功能趋向稳定,因而短期内资源禀赋和环境容量等都是一个常数,但由于贸易可以促进资源环境要素的越界流动,技术进步和自由贸易等机制的逐步建立可以消除市场壁垒,因此从长期来看要素供给具有扩展性,要素供给如(1)式,城市生态支持系统各要素的供给能力构成城市生态支持系统的支持向量,如(2)式。而要素需求与社会经济系统密切相关,技术革新可以拓张资源利用的广度和深度、提高改善和

万方数据

① 北京师范大学环境科学研究所. 广州市城市生态可持续发展规划研究报告. 2002. 12

优化环境质量的能力,一定程度上可降低要素的相对需求量,但社会经济系统增长型发展决定其对生态支持系统要素需求总体上仍是不断增加的。影响要素需求的社会、经济因素很多,为便于理解,本文将要素需求简化为社会经济规模的线性函数,如(3)式所示,而社会经济系统对各个要素的需求构成需求向量,如(4)式所示。由于城市生态支持系统各要素供给与需求状态是动态的,因此由要素供给与需求共同决定的要素瓶颈状况也必然呈现出随时间变化的特征,在进行城市生态系统调控时需要充分考虑其随着时间推移的发展变化,特别是城市生态系统各要素供给与需求的动态耦合效应:

$$S_i^t = K_i^t$$

(1)

$$C^t = \{S^t = (S_1^t, S_2^t, \dots, S_i^t) | S_1^t, \dots, S_i^t \in R\}$$

(2)

$$D_i^t = A_i^t * Q^t$$

(3)

$$P^t = \{D^t = (D_1^t, D_2^t, \dots, D_i^t) | D_1^t, \dots, D_i^t \in V\}$$

(4)

式中, S_i^t 为 t 时段城市生态支持系统第 i 个要素的供给量, K_i^t 为常数, C^t 为要素供给量构成的城市生态支持系统支持力向量, D_i^t 为 t 时段城市生态支持系统第 i 个要素的需求量, A_i^t 为系数, Q^t 为社会经济规模, P^t 为要素需求量构成的需求向量, R 为城市生态支持系统, V 为社会经济系统。

1.2 供需平衡原理与城市生态支持系统瓶颈要素分析

瓶颈要素评价首先需要了解各要素的供需平衡状态,惟有如此,城市规划才能够找出处于供小于求状态、有可能对城市生态系统产生重大影响的城市生态支持系统瓶颈要素,以最小资源成本(包括人力、物力、财力、科学技术、情报信息等)对其实施有效生态调控。

本文借用经济学供需分析建立城市生态支持系统瓶颈要素评价方法。经济学中,特定时段商品供给与需求有3种情况:商品过剩的供大于求状态、商品短缺的供小于求状态和市场出清的供求平衡状态。因此,城市生态支持系统要素供给与需求关系用图解表示如图1。

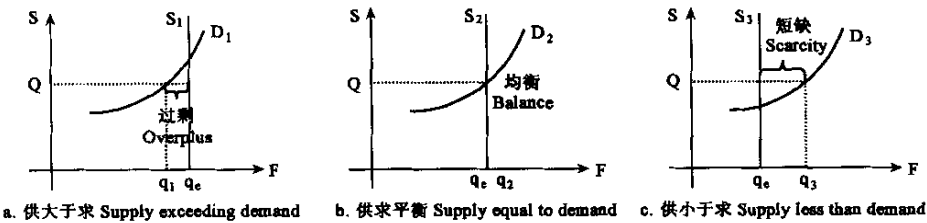


图1 城市生态支持系统要素供给与需求关系
Fig. 1 The relationship between supply and demand of the factors of UESS

图中,纵轴 S 为社会经济规模,横轴 F 代表构成城市生态支持系统的要素, A、B、C 分别表示要素所处的不同供需状态, S_1 、 S_2 、 S_3 分别为由城市生态支持系统状态决定的要素供给曲线, Q 为现实社会经济规模量, D_1 、 D_2 、 D_3 分别为要素需求曲线, q_e 为由供给曲线和需求曲线共同决定的要素均衡数量,也即要素可持续最大供给量, q_1 、 q_2 和 q_3 分别为由现实社会经济规模决定的要素需求量。

对比图1中要素供需状态, a 中,由现实社会经济规模决定的要素需求量 q_1 小于要素供给量 q_e , 要素产生剩余; b 中,要素的供给量 q_e 与要素需求量 q_2 恰好相等,此时要素既不存在供给过剩,也不存在短缺; c 中,要素供给量 q_e 小于现实社会经济规模所需要量,短缺现象产生。与经济学中商品供给与需求不同,城市生态支持系统要素供大于求时,并没有额外的社会成本支出,即处于 A 状态和 B 状态的要素不会对城市生态系统发展有太大影响,而当要素的供给不能满足社会经济的需求时,将会影响城市生态系统的正常发展,因此处于 C 状态的要素状况是需要重点关注的。

2 城市生态支持系统瓶颈要素评价和生态调控方法

2.1 城市生态支持系统瓶颈要素评价方法

处于短缺状态的要素,由于其对城市发展具有阻碍和制约作用,因此需要了解要素供给与需求的相对关系,即由现实社会经济规模决定的要素需求与要素可持续供给之间的缺口究竟有多大,从而才可能制订相宜的调控策略。根据要素供求关系,本文采用瓶颈指数表征要素对城市发展的阻碍和制约程度。由于城市生态支持系统要素具有不同性质及供需特征,本文将要素分为资源要素和环境要素两大类,其瓶颈指数表达式分别如(5)式、(6)式:

资源要素

$$R_i = \frac{L_i}{D_i} \times 100\% = \frac{D_i - B_i}{D_i} 100\% \quad (D_i \geq B_i)$$

(5)

环境要素

$$R_i = \begin{cases} H_i - H_i^s & (\text{适用要素: 林地、绿地、能源结构}) \\ \frac{H_i - H_i^s}{H_i^s} & (\text{适用要素: 大气环境、水环境}) \end{cases} \quad (6)$$

(5)式为资源要素的瓶颈指数计算方法,(6)式为环境要素的瓶颈指数计算方法。式中, R_i 为要素*i*的短缺指数, i 为要素, B_i 为要素供给量,即供需均衡状况下要素*i*的需求量, D_i 为社会经济系统对瓶颈要素*i*的实际需求量, L_i 为对瓶颈要素*i*的实际需求量与均衡需求量之差, H_i 为要素*i*的环境质量状况, H_i^s 为要素*i*的环境质量标准。

对于有多个要素处于短缺状态的城市生态支持系统,从社会资源配置角度出发,必须对比不同短缺要素供给与需求关系,从而确定要素生态调控的优先等级和重点调控对象。由于国内外尚未开展相应研究,本文采用分等定级法将城市生态支持系统瓶颈效应分为极强、强、较强、弱、无5级,通过德尔菲法获取专家对瓶颈等级的原始得分判断及各要素指标标准值,在此基础上对原始得分进行综合确定城市生态支持系统不同瓶颈等级的瓶颈指数值范围,见表1。为完整分析城市生态支持系统状况,本文采用丰润指数表征资源要素的丰润程度,同样确定了不同丰润等级的数值范围。

表 1 资源环境瓶颈要素辨识标准

Table 1 The estimating standards for limiting factors of resources and environment components

			瓶颈要素辨别标准和约束阻碍能力等级(瓶颈等级)				
评价内容 Assessing contents		要素(指标) Factors(indicators)	Standards of limiting factor identifying and its blocking effects grades (limiting grades)				
			I 极强(%) Strongest	II 强(%) Strong	III 较强(%) Less strong	IV 弱(%) Weak	V 无(%) None
瓶颈 指数 ^①	重点资源 ^②	水、土地、能源 ^④	>30	15~30	5~15	<5	<1
		林地(森林覆盖率)、绿地(绿地率) ^⑤	<-15	-10~-15	-5~-10	0~-5	0
		能源结构(燃煤比例) ^⑥	>20	10~20	5~10	0~5	0
	生态环境 ^③	大气环境(剩余环境容量比例)、水环境(剩余环境容量比例) ^⑦	<-100	-100~50	-50~-30	-30~5	>5
		表征符号 ^⑧	-----	---	--	-	=
评价内容 Assessing contents		要素(指标) Factors(indicators)	要素承载能力等级(支撑能力等级) Ecological capacity grades of factors(supporting capacity)				
			I 极强(%) Strongest	II 强(%) Strong	III 较强(%) Less strong	IV 弱(%) Weak	V 无(%) None
丰润 指数 ^⑨	重点资源 ^②	水、土地、能源 ^④	<-100	-100~-50	-50~-30	-30~-10	>-10
		林地(森林覆盖率)、绿地(绿地率) ^⑤	>15	10~15	5~10	0~5	0
	生态环境 ^③	大气环境(剩余环境容量比例)、水环境(剩余环境容量比例) ^⑦	>50	30~50	20~30	5~10	<5
		表征符号 ^⑧	++++	+++	++	+	=

* ①Limiting index; ②Key resources; ③Ecological environment; ④Water, land and energy; ⑤Forest land (forest coverage, taking 50% as the standard value) and urban vegetation (green coverage, taking 40% as the standard value); ⑥Energy structure (the percentage of coal consumption of total energy, taking 30% as the standard value); ⑦Atmospheric environment (the ratio of SO₂ residual environment capacity to atmospheric environment capacity, taking 0.06 mg/m³ as the standard) and water environment (the ratio of COD_{Cr} residual environment capacity to total environment capacity, taking 15 mg/L as the standard in this paper); ⑧Indicating symbols; ⑨Abundance index

2.2 瓶颈要素生态调控方法

当城市生态支持系统存在瓶颈要素时,需要进行生态调控,否则城市社会经济系统的增长将受到阻碍或者城市生态支持系统将面临退化风险,城市生态系统有可能偏离可持续发展目标。城市生态系统生态调控的目的是通过政策、管理、技术、工程等手段对城市生态系统进行调控,以提高资源的持续供给能力、环境持续容纳能力、自然持续缓冲能力以及人类自组织自调节能力,保证城市可持续发展。解决瓶颈问题的生态调控一般包括两个方面:一是调节供给,包括通过贸易、技术等手段开发新的供给源,提升整个要素的供给能力,表现在供给曲线上就是供给曲线向右平移;另一个方面就是调节需求,这种情况下又分两种情况,一种当前社会经济发展速度过快,与城市生态支持系统的支撑能力不相适应,在这种情况下,生态调控的任务是降低过快的社会经济发展速度以减少要素需求使要素供给与需求趋向平衡,另外一种情况是当前的社会经济规模是合理的,但是由于配套设施不健全,要素利用不合理而导致瓶颈问题出现,生态调控的任务就是通过工程建设、技术革新、加强管理等措施提高要素的有效供容能力,调节需求的这两种情况表现在需求曲线上就是需求曲线上移。生态调控与瓶颈因素的关系用

图解简略表示如图 2,其中 S_0 、 D_0 为瓶颈要素实施生态调控前的供给需求状况, S' 、 D' 为实施生态调控后要素供给需求状况, S_{F0} 为实施生态调控前的瓶颈要素短缺量, S_{F1} 、 S_{F2} 分别为调节需求和调节供给后的瓶颈要素短缺量。

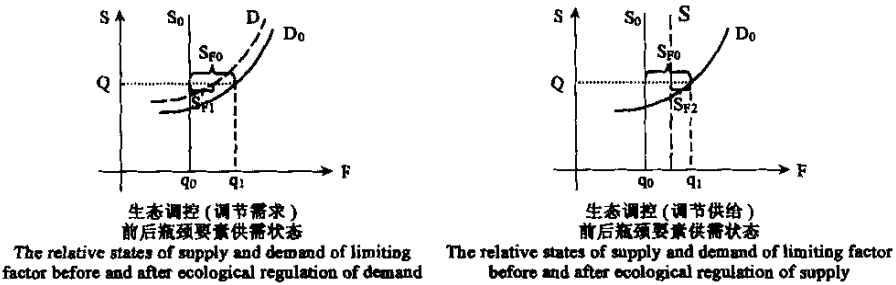


图 2 瓶颈要素生态调控方法

Fig. 2 The methods of limiting factors ecological regulating and controlling

由图 2,通过生态调控可以改变要素供给与需求关系,要素瓶颈等级也可以由此得到改变,甚至可以消除要素作为瓶颈对城市生态系统的制约和限制作用。

3 实例研究

以广州城市生态支持系统为例,选取水资源、土地资源、能源、水环境、大气环境、林地、绿地等生态支持系统要素进行实证分析^[12,13]。

3.1 广州城市生态支持系统现状

(1)水资源 广州市水资源由本地水资源、过境客水资源和潮流水资源 3 部分组成。广州市本地水资源 81.29 亿 m^3 ,过境客水资源 1245 亿 m^3 ,潮流水资源量 1320 亿 m^3 。广州市水资源时空差异较大,空间上广州南部和东部水资源极为富裕,同时受季风气候影响,广州水资源 80% 的径流集中在汛期,非汛期仅占 20%。由于当前对潮流资源利用较少,考虑本地水资源和过境客水资源,广州市非汛期和汛期月平均可供水资源量分别为 46.22 亿 m^3 和 172.43 亿 m^3 。

(2)土地资源 根据“广州市 2000 年遥感影像解译结果”和“广州市 1:10000 电子地图”统计,广州市域总面积为 7 434.4 km^2 ,耕地 1653 km^2 ,园地 1090 km^2 ,林地 2471 km^2 ,牧草地 2 km^2 ,水域 882 km^2 ,居民点及工矿用地 798 km^2 ,交用地 379 km^2 (1)。从土地资源利用现状看,广州市土地后备资源较为丰富。

(3)能源 广州市是一个以常规能源为主的耗能大城市,但广州市常规能源资源贫乏,仅有少量煤炭资源和水电资源,近年来广州市能源自给率逐年下降,给能源供需平衡带来一定困难。近年来,随着 GDP 平均以每年约 13% 的增长率递增的同时,广州市年能源消费总量以 12% 的速度增长,两者几乎同步攀升,说明广州市能源利用仍然较为粗放。广州市常规能源又以煤消费为主,2000 年煤炭消费比重占能源消费总量的 49%,油品占 31%,其他燃料仅占 15%。毫无疑问,随着经济的发展,广州市能源需求将持续增长,如不采取有效措施调整能源结构,则煤炭消费比例将居高不下,由此导致的 SO_2 、 NO_x 、CO、烟尘排放量将大幅增长,大气污染有加剧的可能。

(4)水环境 近年来随着广州经济迅猛发展和城市人口急剧增长,大量污水废水产生,部分未经处理的污水废水进入水体,严重污染水环境。

(5)大气环境 2000 年大气环境质量监测结果表明,广州市总体空气质量较好,但老城区相对空气质量较差,4 个县级市大气环境质量相对较好;从污染物来看,TSP 和 NO_x 污染较重。

(6)林地系统 森林具有多方面的生态功能,在维护城市生态平衡中起着不可替代的作用,是城市生态系统的平衡器。广州市森林资源较为丰富,全市林业用地面积 30.88 万 hm^2 ,占全市总面积的 41%。丰富的林地自愿为广州市林业的全面发展,维护和优化社会自然生态环境,提供了良好的物质基础。

(7)绿地系统 根据广州市市政园林绿化处资料,广州市 2000 年建成区绿地面积 8797 hm^2 ,绿地率达到 29.57%,人均公共绿地面积 7.87 m^2 。广州市总体绿化指标已高于国家园林城市标准,但老城区绿地系统较少,与其人口、经济规模不相适应。

3.2 广州城市生态支持系统瓶颈要素分析

根据(5)式所示瓶颈指数评价方法和表 1 所列瓶颈要素辨识标准,选择水资源、水环境、土地资源、能源、能源结构、大气环

(1) 北京师范大学环境科学研究所. 广州市城市生态可持续发展规划研究报告. 2002. 12

境、林地系统、绿地系统作为评价要素,则不同情景下各目标年广州城市生态支持系统瓶颈要素及瓶颈等级具有显著区别:

(1) 基于当前资源利用和环境保护情景;

(2) 采取生态调控措施情景。

表 2 广州城市生态支持系统资源瓶颈要素辨识结果(当前资源利用情景)

Table 2 The results of resource limiting factors estimating in Guangzhou UESS (On the scenario of current resource utilization pattern)						
重点资源要素供需状况					瓶颈资源要素排序	瓶颈等级
年份	The relative state of supplying and demanding of key resources					
Year	水资源 Water resource		土地资源	能源 Energy		
	非汛期 Dry season	汛期 Flood season	Land resource			
2000	—	+++	++++	=	水资源 Water resources	—
2005	---	+++	++++	---	水资源/能源 Water resourcesand energy	---
2010	----	+++	+++	----	水资源/能源 Water resources and energy	----
2020	----	++	++	----	水资源/能源 Water resources and energy	----

表 3 广州城市生态支持系统生态环境瓶颈要素辨识结果(当前环境保护情景)

Table 3 The results of environment limiting factors estimating in Guangzhou UESS(on the scenario of current environment protection)							
年份 Year	生态环境状况 The states of ecological environment					生态环境瓶颈要素排序 Rank of ecological and environmental limiting factors	瓶颈等级 Limiting grades
	水环境 ^①	大气环境 ^②	林地系统 ^③	绿地系统 ^④	能源结构 ^⑤		
2000	— — —	十 + + +	— —	— — —	— — — —	能源结构、水环境、绿地系统、林地系统 ^⑥	— — — —
2005	— — — —	十 +	— —	— — —	— — — —	水环境、能源结构、绿地系统、林地系统 ^⑦	— — — —
2010	— — — —	— —	— —	— — —	— — — —	水环境、能源结构、绿地系统、大气环境、林地系统 ^⑧	— — — —
2020	— — — —	— — — —	— —	— — —	— — — —	水环境、能源结构、绿地系统、大气环境、林地系统 ^⑨	— — — —

① Water environment; ② Atmospheric environment; ③ Forest land; ④ Urban vegetation; ⑤ Energy structure; ⑥ Energy structure, water environment, urban vegetation and forest land; ⑦ Water environment, energy structure, urban vegetation and forest land; ⑧ Water environment, energy structure, urban vegetation, atmospheric environment and forest land; ⑨ Water environment, energy structure, urban vegetation, atmospheric environment and forest land

表 4 广州城市生态支持系统瓶颈要素辨识(调控策略和规划措施情景)

要素 factors						2005	2010	2020
资源要素供需情况 ^①	水资源 Water resource	非汛期 Dry season	汛期 Flood season	土地资源 Land resource	能源 Energy			
	瓶颈要素 Limiting factor					无 None	无 None	无 None
	瓶颈等级 Limiting grade					无 None	无 None	无 None
	水环境 Water environment					=	=	=
	大气环境 Atmospheric environment					=	=	=
生态环境状况 ^②	林地系统 Forest land					--	--	=
	绿地系统 Urban vegetation					--	--	=
	能源结构 Energy structure					---	---	---
	瓶颈要素 Limiting factor					能源结构、绿地系统、林地系统 ^③	能源结构、绿地系统、林地系统 ^①	能源结构 ^⑤
	瓶颈等级 Limiting grade					---	---	--

① The relative state of supply and demand of key resources; ② The states of environment factors; ③ Energy structure, urban vegetation and forest land; ④ Energy structure, urban vegetation and forest land; ⑤ Energy structure

4 结论及讨论

传统城市规划对城市生态支持系统缺乏应有的关注,使得城市规划走入了用地规划、建筑规划的误区,不符合城市生态可持续发展的要求。本文从城市复合生态系统角度出发,基于供需平衡理论建立了城市生态支持系统瓶颈要素评价方法。该评价方法能够明确表征城市生态支持系统的状况,准确辨识瓶颈要素和把握城市宏观整体情势,标示城市生态调控的重点,为城市

规划和城市生态系统管理提供了基础决策支持。在当前资源利用及环境保护水平情景下,广州市资源问题和生态环境状况均不容乐观,非汛期水资源、能源问题将成为广州市城市发展的制约因子,其阻碍制约效应将随着经济发展对资源需求的增大而增大,能源结构、水环境质量、生态用地比例等矛盾亦随着城市发展将迅速激化,成为诱发区域生态危机的导火索,生态支持系统对广州城市发展的强制约阻碍作用将十分明显。通过采取相应的利用、控制、调整、交易、保护、限制等宏观和微观规划措施,对水资源、能源、水环境质量、能源结构等生态支持系统瓶颈要素实施生态调控,瓶颈因素对城市生态支持系统的制约作用将极大缓解,部分瓶颈要素实现供需均衡,广州城市生态支持系统支撑能力得到扩展,奠定了实施城市生态系统可持续发展战略的生态基础。

由于人类活动能力很难准确量化,本文的瓶颈分析基于瓶颈资源对城市发展的制约能力确定其瓶颈等级,而未能考虑人类的调控能力和解决瓶颈的难易程度,即本文的瓶颈分析只是城市生态支持系统相对于城市发展需求的满足(或亏欠)程度,作为城市规划的基础决策支持,该评价方法还有待完善和改进,应深入研究人类活动与瓶颈等级的关联关系,将人类的调控能力纳入瓶颈分析中,准确评价对城市发展影响大、制约强的要素,为城市生态规划提供精准的决策信息。

References:

[1] Jiang M Q, Liu R F, Cai Y P,eds. Urbanology. Beijing: Science Popularizing Press, 1988.

[2] Liu Y, Zhang L P, Hong H S. Urban planning and sustainable development. Urban Environment and Urban Ecology, 2000, **13**(6):12~14.

[3] Hamm B and Muttagi P. Sustainable Development and the Future of Cities, UNESCO-MOST, Oxford &. IBH, New Delhi, 1998.

[4] Huang G Y. Evolution of Eco-city in China. Urban Environment and Urban Ecology, 2001, **14**(3):6~8.

[5] National Research Council. Our Common Journey. A Transition Toward Sustainability. Washington, D.C. : National Academy Press, 1999.

[6] Rees, William. Revisiting carrying capacity: area based indicators of sustainability. *Population and Environment*. 1996, (17) **3**: 195~215.

[7] Rapport D, Costanza R and McMichael A J. Assessing ecosystem health. *Trend in Ecology & Evolution*. 1998, **13**(10): 397~402.

[8] Ganapati P Patil, Robert P Brooks Wayne L Myers, *et al.* Ecosystem Health and Its Measurement at Landscape Scale: Towards the Next Generation of Quantitative Assessments. Invited Paper for Ecosystem Health, International Society for Ecosystem Health. <http://www.stat.psu.edu/~gpp/PDFfiles/TR2002-0202.pdf>.

[9] Wang R S. The frontiers of urban ecological research in industrial transformation. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(5):830~840.

[10] Wang R S, Zhou Q X, Hu D,eds. The Urban Ecological Regulating Methods. Beijing: China Meteorological Press, 2000.

[11] Yang Y, Zhu L B. Seeking ecological supporting on urban sustainable development-Theories on urban ecological supporting system. *Ecological Science*, 1999, **18**(4):48~52.

[12] Zhang X X, Wu Z Q, eds. The Research of Sustainable Development Strategy and Environment Protection in Guangzhou City. Guangzhou: Guangzhou Press, 1999.

[13] Gurangzhou Municipal development Planning Commission, Guangzhou Land Planning Office. Guangzhou Land and Resources-Natural Resources. Guangzhou: Guangzhou Press,1994.

参考文献:

[1] 江美球,刘荣芳. 蔡渝平编著. 城市学. 北京: 科学普及出版社, 1988.

[2] 刘岩, 张珞平, 洪华生. 城市规划与城市可持续发展. 城市环境与城市生态, 2000, **13**(6):12~14.

[4] 黄光宇. 中国生态城市规划与建设进展. 城市环境与城市生态, 2001, **14**(3):6~8.

[9] 王如松. 转型期城市生态学前沿研究进展. 生态学报, 2000,**20**(5): 830~840.

[10] 王如松, 周启星, 胡聃著. 城市生态调控方法. 北京: 气象出版社, 2000.

[11] 杨芸, 祝龙彪. 寻求城市可持续发展的生态支撑——城市生态支持系统理论初探. 生态科学, 1999, **18**(4): 48~52.

[12] 张先贤, 吴政齐主编. 可持续发展战略与广州市环境保护研究. 广州: 广州出版社, 1999.

[13] 广州市计划委员会, 广州市国土规划办公室. 广州国土资源——自然资源篇. 广州: 广州出版社, 1994.