



京师青年教师出版资助基金

JINGSHI QINGNIAN JIAOSHI CHUBAN ZIZHU JIJIN

Urban Ecological Carrying Capacity

城市生态系统承载力

徐琳瑜 杨志峰◎著



NLIC 2970700843



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社



京师青年教师出版资助基金

JINGSHI QINGNIAN JIAOSHI CHUBAN ZIZHU JIJIN

国家科技支撑计划课题“城市规划实施的生态安全评估与调控关键技术及应用示范”(2007BAC28B03)项目资助

Urban Ecological Carrying Capacity

城市生态系统承载力

徐琳瑜 杨志峰◎著



NLIC 2970700843



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

城市生态系统承载力 / 徐琳瑜, 杨志峰著. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.1

ISBN 978-7-303-11560-0

I. ①城… II. ①徐… ②杨… III. ①城市环境: 生态环境—承载力—研究—中国 IV. ① X321.2 ② X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 186712 号

营销中心电话	010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网	http://gaojiao.bnup.com.cn
电子信箱	beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 148 mm × 210 mm

印 张: 11.25

字 数: 265 千字

版 次: 2011 年 1 月第 1 版

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

策划编辑: 胡廷兰 责任编辑: 胡廷兰

美术编辑: 毛 佳 装帧设计: 天泽润

责任校对: 李 茵 责任印制: 李 啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

摘 要

城市是一个复杂的社会—经济—自然复合生态系统，如何维持城市复合生态系统的正常运转是建设生态城市所要解决的首要问题，也是城市生态系统承载力研究所要探讨的主要问题。通过对承载力理论发展的三个主要阶段（资源承载力、环境承载力、生态承载力）成果和特点的全面总结分析，详细阐述了城市生态系统承载力的概念、发展与内涵，论述了城市生态系统的结构与功能及其与承载力之间的互动关系。系统论述了人口承载力、生态足迹和相对承载力三种主要的城市生态系统承载力评价方法及其应用，对城市适度人口规模的理论与计量方法进行探讨。根据对城市生态系统承载力的定义及其内涵与特征的分析结果，认为城市生态系统承载力是一种维系城市生态系统健康稳定发展的能力，也是一种潜力。提出“城市生态系统承载力免疫学理论模型”，并在该理论模型基础上设计其计量模型（分为天然承载力和获得性承载力两部分），通过承载力与压力的相对变化趋势表达城市生态系统维系其健康发展的能力。通过对承载力与其相对压力的计算结果的比较可判断城市生态系统是否保持稳定或向健康方向发展，即判断城市生态系统是否可持续发展。因此，对可持续发展的判断也是表达承载力内在功能的最适宜的指标。基于生态系统承载力分析快速城市化可能带来的生态风险，提出了城市生态调控模式，选择广东广州、北京通州、重庆万州等城市和城区进行案例分析，为城市生态建设强度与投资力度等提供理论依据，从而使城市生态学理论与方法更具有普遍性、系统性和可操作性。

前 言

在城市化发展速度日益加快的今天，城市生态问题受到了极大的关注。城市能否在迅速发展过程中保障其生态系统健康状态是城市可持续发展的重要内容，也是城市生态系统承载力研究的核心。可以说在城市生态学界，生态系统承载力是学者们非常关心的问题，其相关理论与方法的研究也屡见不鲜。但由于城市这一人工生态系统的复杂性，使得城市生态系统承载力的研究存在着很大的困难，相关的研究也尚处于初级阶段，还存在着很大的争议。

本书的主要内容以作者的博士学位论文为主体，并基于国家重点基础研究发展“973”计划“城市生命体生态特征及演变机理研究”，国家科技支撑课题“城市规划实施的生态安全评估与调控技术及应用示范”，国家自然科学基金“城市生态系统承载力研究”和“快速城市化地区的生态风险研究”的成果进行了补充完善。本书共分十章，前五章为城市生态系统承载力的理论与方法篇，主要介绍了城市生态系统承载力的发展过程、相关的研究成果、城市生态系统的结构与功能分析以及城市生态系统承载力的三种主要评价方法。在这部分研究内容中，笔者首先研究了“人口规模”这一传统生态学所关注的生态系统承载力的表征，并提出了针对城市发展的适度人口规模理论，开发了双向寻优模型和多目标决策模型来计量城市适度人口规模。笔者还针对目前比较受生态学界关注的生态足迹方法进行了系统的研究，并基于系统动力学提出了一种城市生态足迹动态评价方法。上述内容尚为目前对城市生态系统承载力研究的常规方法，笔者的主要贡献是针对城市生态系统的复合特征，提出了“城市生态系统复合承载力”概念。并将城市看作是一种生命体，基于生物免疫理论构建了城市生态系统复合承载力生物免疫理论与计量模型。这些理论与方法在一定程度上打破了传统生态学从生态系统所能供养的

生物种群最大数量的角度研究生态系统承载力的思路,而是将其无量纲化,从生态系统承载力与生态压力的相对变化趋势的角度来研究城市生态系统承载力。这种思路可将城市生态系统的复杂性进行系统表征,用于预测城市生态系统发展变化并调控城市生态系统的发展模式。

本书的第六章到第九章为案例应用篇,主要选择了广东广州、北京通州和重庆万州等城市和城区为案例点,分别应用城市适度人口计量模型、城市生态足迹动态评价模型和城市生态系统复合承载力计量模型对案例城市进行其生态系统承载力的评价并提出调控方案。案例研究既是演示方法的过程,也是为案例城市的生态建设与规划提供科学依据的重要工作。本书的最后一章还对研究获得的重要结论和研究特色进行了总结,以使读者能够更直接、更清楚地获得研究结论和要点。

本书还融汇了北京师范大学环境学院城市生态规划课题的部分研究成果,包括广东广州、北京通州和重庆万州等案例点的基础研究。课题组的其他成员,如李巍教授、毛显强教授、何孟常教授、鱼京善副教授、杨居荣教授以及程红光、胡廷兰、赵伟、郭秀锐、赵彦伟、张妍、姚艳敏、徐俏、卫晋晋、刘桂友、靳玮等老师和同学,都对本研究提供了帮助,在此一并表示感谢。

经过近十年的研究,本书涵盖了城市生态系统承载力的最新研究成果和大量的案例资料,是一本相对系统和全面的研究著作。目前建设生态城市已成为世界各国各地区发展的热潮,可持续发展也是全世界人民的共同心愿,希望本研究结果能为城市生态学的发展与生态城市建设有所贡献。由于编者水平有限,难免存在有待商榷的内容,希望有更多的读者来关注和阅读本书,并提出宝贵的意见。

作者

2010年4月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 城市生态系统承载力概述	1
1.2 城市生态系统承载力研究进展	3
1.3 城市生态系统承载力的评价方法	12
1.4 城市生态系统承载力研究趋势	17
第 2 章 城市生态系统	20
2.1 城市生态系统结构与功能特征	20
2.2 城市生态系统结构与承载力	35
2.3 城市生态系统功能与承载力	35
2.4 城市生态系统的发展与演变	40
第 3 章 城市适度人口规模	43
3.1 人口城市化特征与适度人口理论	44
3.2 城市适度人口双向寻优方法	53
3.3 城市适度人口多目标决策方法	56
第 4 章 城市生态足迹	62
4.1 生态足迹理论	62
4.2 生态足迹的核算方法	64
4.3 生态足迹动态评价研究	71
4.4 基于系统动力学的城市生态足迹动态评价方法	76
第 5 章 城市生态系统复合承载力	101
5.1 城市生态系统复合承载力的定义、内涵 及其特征	101
5.2 城市生态系统复合承载力理论模型	110
5.3 城市生态系统复合承载力计量模型	123

5.4	城市生态系统复合承载力灰色评价模型	128
第6章	广州城市生态系统承载力评价	133
6.1	广州市城市生态系统结构与功能分析	133
6.2	广州市城市适度人口计算与分析	166
6.3	广州市城市生态系统复合承载力评价	170
第7章	广州城市生态建设与调控	179
7.1	基于复合承载力的广州城市生态调控模式	179
7.2	广州城市生态工程建设	182
7.3	广州市新城区建设环境风险评价	187
7.4	广州市南沙区生态环境保护规划	216
第8章	北京通州城市生态系统承载力评价与调控	249
8.1	北京通州生态系统结构与功能分析	249
8.2	北京通州新城适度人口规模	262
8.3	北京通州生态足迹评价	269
8.4	北京通州生态系统复合承载力评价	279
8.5	基于生态足迹评价的通州区土地利用方案 优化调控	285
8.6	基于生态系统承载力的通州区生态建设	288
第9章	重庆万州城市生态系统承载力评价与分析	292
9.1	重庆万州城市生态系统结构与功能分析	292
9.2	重庆万州城市生态系统承载力动态仿真	302
9.3	重庆万州城市生态系统承载力评价与分析	312
9.4	基于生态系统承载力的重庆万州城市生态调控	315
第10章	结语	326
10.1	主要结论	327
10.2	特色之处	334
	参考文献	336

第1章 绪论

1.1 城市生态系统承载力概述

1.1.1 研究背景

18 世纪开始的工业革命拉开了人类大规模改造自然的序幕。工业文明的确给人类带来了惊人的财富，人们生活水平得到了前所未有的提高，但也引起了近代城市生态环境质的变化，并且严重危及人类自身的利益。随着城市化发展进程的加快和各种区域中心城市规模的不断扩张，城市人口过度膨胀、水资源短缺、环境污染、能源过度消耗等城市生态危机加剧，愈发频繁的环境事故和灾害迫使人们重新认识城市发展与生态环境之间的关系。于是，人们把注意力转向了研究城市的可持续发展。

尽管国内外学者对可持续发展的理解各不相同，但是有一点是一致的，那就是城市的发展首先是城市中人的生存与发展。城市中的人与其赖以生存的生态环境共同构成了一个不可分割的整体，即城市复合生态系统。在这个复合系统中，人类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行和发展。人类在消耗资源的同时，又在排放大量的废弃物（污染物）。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的制约，也就是说要受到资源承载力和环境承载力的共同制约。这两种承载力都是从单方面表征对城市发展的承载，而从整体来看，资源系统和环境系统都是城市生态系统的基本组分。如果城市生态系统的整体性遭到破坏，那么再谈单要素的承载力就失去了原来的意义。

城市复合生态系统具有明显的人工特征,其资源供给与污染自净能力受人为主的影响非常大,即社会系统的建设能力、经济系统的发展能力及人工智能的管理能力对城市生态系统的健康与稳定发挥着更为重要的作用。因此研究如何将资源承载力、环境承载力、社会经济发展能力整合,并在相互影响与作用中共同发挥维系城市生态系统健康、稳定发展的能力将是更加重要、更加有意义的工作,这也正是城市生态系统承载力研究的主要内容。

1.1.2 研究意义

1.1.2.1 生态承载力理论是城市生态学的重要理论

在生态学发展过程中,国内外学者始终强调研究生态系统的主要组成(有机体和其周围的环境)之间的相互作用关系是生态学的重点内容。承载力这一概念从最初在种群生态学中的应用开始便始终在强调着这种关系,可以说承载力研究是生态学的重要基础理论之一。随着人们对生态学的研究重点向人类生态系统转移,因此能够全面、系统地表达目前主要人类生态系统类型——城市生态系统的这种内在关系的城市生态系统承载力理论亦成为城市生态学的主要理论之一。

生态承载力理论充分体现了城市生态系统中人与环境的复杂关系。从最初的种群承载力,到现在的生态承载力,其概念与内涵始终体现着生物与其生存环境之间的约束与供给关系。城市生态系统承载力综合了各种单项承载力的特征,从人类社会经济活动强度及人类生活质量要求、资源(能源)供给与运输水平、环境自净与输移能力、人工生态环境建设对城市生态服务功能的调节与补充能力等角度描述着城市生态系统中人类活动与社会系统、经济系统、资源系统和环境系统之间的相互作用关系,这也正是城市生态学各研究领域共同关注的重点问题。无论是可持续发展理论,还是生态城市理论,都不乏对承载力理论的认同与依赖。

因此,全面系统地研究城市生态系统承载力理论对城市生态学的发展起着重要的作用。

1.1.2.2 生态承载力理论是指导生态城市建设的重要理论依据

当前我国城市生态研究特别强调以可持续发展为宗旨的城市生态建设或生态城市建设,其中也包括不同规模、不同性质、不同发展水平的新老城镇的生态建设。生态城市是指在生态系统承载力能力范围内运用生态经济学原理和系统工程方法去改变城市的生产和消费方式、决策和管理方法,挖掘城市内外一切可以利用的资源潜力,建设一类经济发达、生态高效的产业,生态健康、景观适宜的环境,体制合理、社会和谐的文化,以及人与自然和谐共生的康实、健康、文明的生态社区^[1]。从国内外学者对生态城市及其规划与建设的理解与实践过程可以看出,无论他们怎样去定义或规范生态城市,都在不约而同地强调着同样的一个前提,即以人类为中心,最大限度地满足人类的需要(包括人类生态的满意原则、居民生活标准等)。如何达到这个最大限度还能保持城市生态系统的健康状态是生态城市建设需要解决的关键问题,也是城市生态系统承载力研究的核心内容。从这个角度出发,本研究将针对生态城市建设需要对城市生态系统承载力理论进行科学的分析与阐述,并结合实际案例指导生态城市建设。

1.2 城市生态系统承载力研究进展

尽管城市生态学是多学科的综合,但其中许多概念都源自生态学。“承载力”一词最早也是出自生态学,其特定含义是指在某一环境条件下,某种生物个体可存活的最大数量。承载力理论在实践中的最初应用领域是畜牧业,时至今日,草原生态学家仍在使用这一概念指导畜牧业生产^[2]。随着土地退化,环境污染和人

口膨胀等现象的出现,承载力逐渐被引用到城市生态学研究,其内涵也在不断丰富、演化和发展,并成为一个具有广泛应用基础的、综合的概念。近20年来承载力的研究及其在生态学、环境科学和可持续发展领域的应用备受瞩目,并已形成了一整套独特的理论体系和方法。承载力概念的发展也经历了从自然生态系统的种群承载力,人类生态系统的资源承载力(土地资源承载力和水资源承载力)、环境承载力到生态系统承载力这一过程。在每一个概念的使用与发展过程中,都包含了对前一阶段含义的扩展,同时也与生态学科的发展及人类社会背景存在着极强的相关关系,这也进一步体现了承载力理论研究的重要性。尽管承载力概念的内涵、形式和意义都发生了深刻的变化,但仍处于发展和完善之中^[3]。



图 1-1 承载力研究演化发展树^[4]

1.2.1 资源承载力

对资源承载力的研究往往是针对某种资源考虑,且多从人口角度进行,如(人口的)土地资源承载力、(人口的)水资源承载力等。20世纪70年代初,著名的罗马俱乐部提交的题为《增长的极限》的研究报告是对全球人口承载容量及相关资源、环境问题进行的最具有广泛影响力的一次深入探讨。1977年,联合国粮农组织(FAO)开始进行发展中国家土地的潜在人口承载能力的研

究工作,估算出在不同的投入水平下的土地生产力,并根据FAO和世界卫生组织为每个国家提出的人均卡路里摄取量,得出承载人口数量。20世纪80年代初开展的资源承载容量的研究,是一项把人口、资源、环境的相互作用引入发展规划的探索性成果。该项研究一方面采用人口、资源、环境、发展(PRED)之间的相互关系的综合性原则;另一方面采用使PRED联结为一个有机整体的资源计量方法,并建立资源承载容量的系统动力学模型,用来模拟在不同的发展方案下人口增长与资源承载容量之间相互关系的动态变化,选择能提高承载容量的发展战略^{[5][6]}。

我国对资源承载力的研究起步较晚,始于20世纪80年代初。1981年,宋健等在总人口的食物需求与农、牧、渔业的生产能力之间建立平衡方程,构成了一个非线性不定方程组的数学模型,探讨了我国达到现代化水平后食品资源所能承载的最高人口数。其后,有些学者运用类似的线性规划方法,以我国淡水资源为约束条件估算出我国达到现代化水平后淡水资源所能养育的最高人口数。1986年9月,国家农业区划委员会委托中科院综考会采用不同的数学方法,包括多目标规划模型、线性规划模型、水土平衡模型等,开展了全国土地资源承载容量初步估算,分析了提高国土资源承载容量的途径和对策。此外,有的学者从协调论的角度对土地承载力与人口容量进行考察,认为土地承载力与人口容量所处的系统、层次、性质与特点不同,是两个既有本质区别,又有内在联系的概念^[7~10]。

综上所述,资源承载力研究针对人类社会出现的发展过程中出现的各种资源问题从人地关系角度提出了具有指导意义的解决方案,为区域人口规划及适度人口计算提供了一定的科学依据。这一研究阶段的特点主要表现在以下几方面:①承载对象从生物种群过渡到人口,研究更具现实意义;②从供需平衡角度研究人口与资

源的关系,有助于在一定时期、一定地区对人口规模与资源利用方式进行适当调控;③传统的土地资源承载力研究,对土地资源的内涵理解不够全面,未考虑人类长期活动的影响;④传统的资源承载力研究将所研究区域看作一个封闭系统,得出的结论有一定的片面性;⑤在资源承载力研究中,对生活水平问题理解片面,一般只将满足一定生活水平下的食物消费作为人口容量的衡量标准,但人口增长不仅限于单纯的食物消费,尤其是随着人们的生活水平越来越高,除了衣、食、住、行外,环境质量也将成为人们生活的一种基本的生存需求。

1.2.2 环境承载力

在环境污染与生态恶化等问题成为阻碍人类社会持续发展的绊脚石时,“环境承载力”概念应运而生。

环境承载力(environmental bearing capacity)被定义为某一环境状态和结构在不发生对人类生存发展有害变化的前提下对所能承受的人类社会作用在规模、强度和速度上的限制,是环境的基本属性——有限的自我调节能力的量度^[11]。环境容量概念在使用中经常被混淆。环境科学大辞典中“环境容量”一词本身就有两层含义:一为环境负载容量、地球环境承载容量或负荷量,即地球生物圈或某一区域环境对人口增长和经济发展的承载能力。它主要包括可供开发利用的自然资源的数量和环境消解生产废弃物的最大负荷量。它是一个从生态学中发展起来而后又用来反映地球环境对人类发展的承载能力的具体概念。另一为衡量和表现环境系统、结构、状态相对稳定性的一个概念,多指在人类生存和自然生态环境不受危害的前提下,某一地区的某一环境要素中某种污染物的最大容量,也有人把它定义为污染物浓度不超过环境标准或基准的前提下,某地区所能允许的最大污染排放量。环境承载力的概念与前者的意义较为相似。

国内学者从不同的角度对环境承载力概念进行了发展与应用。曾维华等^[12]认为环境承载力是指在一定时期与一定范围内,以及一定自然环境条件下,维持环境系统结构不发生质的改变,环境功能不遭受破坏前提下,环境系统所能承受人类活动的阈值。他们认为环境承载力是环境系统结构特征的一种抽象表示,具有矢量特征,即有方向、强度与规模之分。环境承载力是客观存在的,具有可变性或不确定性,这取决于环境系统的开放性、复杂性及人类活动的主观性。他们将该理论与方法应用于湄洲湾开发区规划中,选取五种主要资源环境限制因子作为承载力分量,然后采用综合指数方法对各小区的综合承载力进行了简单排序,从而为其产业结构调整提供了一定的生态学依据。

唐剑武等^[13]认为环境承载力是指在某一时期,某种环境状态下,某一区域环境对人类社会经济活动的支持能力的阈值。他们提出环境承载力量化模型及指标体系,认为环境承载力的指标体系应该从环境系统与社会经济系统的物质、能量和信息的交换上入手。他们还用环境承载量和环境承载力来综合表征环境承载力的大小,认为环境承载量是某一时刻环境系统实际承受的人类系统的作用量值,而环境承载力是环境系统功能的外在表现。他们的研究在承载力理论上获得了突破性的成果,但在具体运用上又仅限于对经济规模的计算,未能提出一个综合表征环境承载量与环境承载力含义的概念。

冉圣宏等^[14]提出区域环境承载力概念,并将其应用于北海市城市环境规划中。他们认为区域环境承载力是指在一定的区域范围内,在维持区域环境质量不发生质的改变的条件下,区域环境系统所能承受的人类各种社会经济活动的的能力,它可看作区域环境系统结构与区域社会经济活动适宜程度的一种表示。他们认为区域环境承载力具有客观性和可调性。在将这一概念应用于北

海市城市环境规划中时,采用多目标优化的方法,选取若干发展变量和限制变量,并分别赋予权重,经过累加后得到不同发展方式下的区域环境承载力指数。最后分析了影响区域环境承载力大小的因素,为当地实现可持续发展提出了针对性的建议。

综上所述,环境承载力的理论研究与计算方法已经较为成熟,在研究中不但考虑了量的约束,还考虑了质的影响,同时将社会经济要素纳入承载体系中。这一阶段的研究特点主要表现在:①增加了对社会经济因素的描述;②既考虑到量的约束,也考虑到质的影响;③计量方法基本上还限于指标或构建成指数的方法;④对于承载对象总是单一考虑(或人口,或经济),很少有将二者综合起来进行计算;⑤由于研究目的与内容的不同,出现很多易混淆的概念,如环境容量、环境人口容量、环境承载力等;⑥承载力作用方式总是通过间接指标进行表达(或人口,或经济),而掩盖了承载基体与承载对象之间复杂的作用关系。

1.2.3 生态系统承载力

生态系统承载力(简称生态承载力)的研究是在环境(资源)承载力研究的基础上发展起来的,是较综合性的研究。从承载力概念的发展与演化中可看出生态承载力概念与环境(资源)承载力概念相比内容更丰富、全面,更接近人类社会系统的特点,但也更加复杂且难以表述。

1.2.3.1 自然生态系统承载力

生态系统承载力的概念往往应用于对可持续发展的判断中,一般认为任何人都要消费自然提供的产品和服务,均会对地球生态系统构成影响,因此测量人类对自然生态服务的需求与自然所能提供的生态服务之间的差距具有重要的意义。只要人类对自然系统的压力处于地球生态系统的承载力范围内,地球生态系统就

是安全的,人类经济社会的发展就处于可持续发展的范围内。但如何判定人类是否生存于地球生态系统承载力的范围内呢?Rees和Wackernagel等在1992年提出并在1996年完善的生态足迹(ecological footprint)模型回答了这个问题^{[32][76]},模型通过测定现今人类为了维持自身生存而利用自然的量来评估人类对生态系统的影响^[15]。生态足迹测量了人类生存所需的真实生物生产面积,将其同国家和区域范围所能提供的生物生产面积进行比较,就能为判断一个国家或区域的生产消费活动是否处于当地生态系统承载力范围内提供定量依据。国内外许多学者应用生态足迹理论与计量模型对当地的可持续发展状态进行评价,如徐中民等对张掖地区1995年的生态足迹计算^[16],大多数计算结果都是自然资产的需求超过生态系统承载力,而事实上按照目前各国发展的现状,并没有这样明显的问题,因此这种方法尚存在着一定的弊端。首先,生态足迹模型的计算只反映经济决策对环境的影响,而忽略了土地利用中其他的重要影响因素,如工业城市化的推进挤占耕地,由于污染、侵蚀等造成的土地退化等情况。更重要的是该模型仅考虑了经济产品和社会服务功能的直接消费,未考虑经济、资源之间的间接消费,而且也未考虑生态产品和生态服务功能的消费。此外,生态足迹账户模型并没有设计成一个预测模型,只是一种关于现实情况的衡量,因此在实证分析过程中不能反映技术进步及人类活动方式等条件的变化。

此外,有些国外学者在研究生态系统健康时,提出将生态系统恢复力(resilience)作为生态系统健康的评价标准之一。这种生态系统恢复力是指威胁消失时,系统克服压力及反弹回复的容量。具体指标为生态系统对自然干扰的恢复速率和抵抗力^{[17][18]},这种抵抗力相当于该生态系统可以承受的最大威胁(当生态系统从一种状态转为另一种状态时的临界值),与生态系统承载力的