

辽宁中部城市群生态环境 与可持续发展能力

孙丽娜 孙铁珩 王 辉 著



東北大學出版社
Northeastern University Press

辽宁中部城市群生态环境与可持续发展能力

孙丽娜 孙铁珩 王 辉 著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

① 孙丽娜 孙铁珩 王 辉 2010

图书在版编目 (CIP) 数据

辽宁中部城市群生态环境与可持续发展能力 / 孙丽娜, 孙铁珩, 王辉
著. —沈阳: 东北大学出版社, 2010.3

ISBN 978-7-81102-812-6

I. 辽… II. ①孙… ②孙… ③王… III. 城市环境: 生态环境—关系—可
持续发展—研究—辽宁省 IV. X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 051051 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: //www.neupress.com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 170mm × 240mm

字 数: 171 千字

印 张: 9

出版时间: 2010 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 潘佳宁 向荣

责任校对: 刘乃义

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-812-6

定 价: 30.00 元

前 言

生态环境问题既是可持续发展的缘由，也是可持续发展的核心。生态环境作为人类赖以生存和发展的物质基础、能量基础、生存空间基础和社会经济活动基础的综合体，一方面提供人的衣、食、住、行和社会经济发展的物质资源，另一方面同化、储藏人类社会经济发展向环境排放的大量废弃物。生态环境的可持续发展能力是指生态环境对人类文明进程持续的基础承载能力，包括资源的持续承载能力、环境的持续承载能力和生态的持续承载能力。生态环境可持续发展能力强调发展与人口、资源、环境之间的关系，以可持续发展为原则，根据资源实际承载能力、环境的实际容纳能力和生态系统的实际弹性能力确定人口与社会经济的发展速度与发展规模，解决发展与人口、资源、环境之间的关系问题。

随着城市化进程的加快和城市群的出现，土地资源的开发利用强度增大，区域经济结构和产业布局明显改善，区域经济实力显著提高，但与其相关的水、土资源短缺，环境污染，热岛效应以及水土流失等生态环境问题也日趋显现。

辽宁中部城市群地处辽河中游平原，以沈阳为中心，汇集了百公里半径内的沈阳、鞍山、抚顺、本溪、营口、辽阳和铁岭7座城市以及7个县级市、441个小城镇。辽宁中部城市群自然条件优越，矿产资源丰富，工业企业和人口高度集中，城镇化水平较高，以冶金、机械加工、石化、轻工、煤炭、发电和旅游为主导产业，产业同构性与差异性并存，具有较强的互补性，是辽宁省重工业的核心地带，在全省经济社会发展中具有极为重要的战略地位。

本书运用生态学、环境化学、灰色预测学和统计学等多学科的原理与方法，系统地统计、分析了辽宁中部城市群及其不同城市水资源与水环境、

土地资源与土壤环境以及矿产资源与矿山地质环境的特征、现状及其演化,分析了城市群水资源、土地资源和矿产资源的利用效率与生态环境变化的关系;研究了城市群及其不同城市生态占用与生态环境承载力、土地资源、水资源和矿产资源的经济、人口承载力等现状与演化;并以城市群目前经济、资源消耗和环境演化趋势以及我国“十一五”规划为基础,运用灰色预测模型等非线性理论预测了“十一五”期间城市群生态资源的消耗趋势和城市群可持续发展的资源与生态环境的支撑能力;通过计算城市群生态占用、废水排放、能源消耗管理曲线的特征点,定量预测了“十一五”期间城市群经济发展与生态占用、废水排放、能源消耗出现最大值和恢复到基本承载力临界值的时间,并针对城市群生态环境的现状与特点和影响城市群生态环境承载力的主要因素,提出了提高城市群可持续发展能力的初步建议。

本书的主要研究工作是孙丽娜于2003—2006年在中国科学院沈阳应用生态研究所博士后工作站期间完成的,合作导师是中国工程院院士孙铁珩研究员。其中,第5章和数据处理与成图工作由王辉完成。在本书出版之际,感谢中国科学院沈阳应用生态研究所和张力、陈远新等同志对研究工作的支持,感谢沈阳大学研究生部给予的经费资助。我们也期待社会各界对本书提出宝贵的意见和建议。

作 者

2009年12月

目 录

第 1 章 生态环境与可持续发展能力建设	1
1.1 可持续发展与可持续发展能力	1
1.1.1 可持续发展的研究历程	1
1.1.2 可持续发展的定义与内涵	3
1.1.3 可持续发展能力	4
1.2 生态环境及其可持续发展能力	5
1.2.1 生态环境	5
1.2.2 生态环境承载力与生态环境可持续发展能力	6
1.2.3 生态环境可持续发展能力建设	7
1.3 城市生态环境可持续发展能力	8
1.3.1 城市生态环境	8
1.3.2 城市生态环境可持续发展能力	9
1.3.3 城市生态环境可持续发展能力评价方法	10
本章参考文献	15
第 2 章 城市群与城市化进程	20
2.1 城市群与城市化进程概述	20
2.2 辽宁中部城市群对辽宁省经济发展的支撑作用	21
2.3 城市化进程中的生态环境特征	22
2.3.1 城市发展过程中水土资源压力增大	22
2.3.2 城市化进程中生态环境质量下降	23
本章参考文献	25
第 3 章 辽宁中部城市群生态环境特征	28
3.1 水资源与水环境	28
3.1.1 水资源量的现状与演化	28
3.1.2 用水结构的变化	31

3.1.3	用水效率与供水能力变化	31
3.1.4	水环境特征	32
3.2	土地资源与土壤环境	43
3.2.1	土地的属性与功能	43
3.2.2	土地资源结构特征	43
3.2.3	土地利用价值的变化	53
3.2.4	土质消耗	60
3.3	矿产资源与矿山环境	61
3.3.1	矿产资源量及其变化	61
3.3.2	矿产资源利用效率	62
3.3.3	矿山环境	66
3.4	辽宁中部城市群生态环境质量评价	69
3.4.1	生态环境质量与生态环境质量评价	69
3.4.2	生态环境评价的指标体系	70
3.4.3	评价结果和分析	72
	本章参考文献	76
第4章	辽宁中部城市群生态环境承载力及其演化	77
4.1	辽宁中部城市群生态承载力	77
4.1.1	生态占用与计算	77
4.1.2	生态承载力	78
4.1.3	生态赤字与人均生态赤字	79
4.1.4	生态占用强度与生态超载指数	80
4.2	城市群的生态占用与生态承载力变化	80
4.2.1	人均生态占用及其变化	80
4.2.2	生态资源利用效率	84
4.2.3	生态承载力及其变化	85
4.2.4	人均生态赤字与生态超载指数及其变化	86
4.3	生态占用空间的不均衡性	87
4.3.1	生态占用空间的不均衡性	87
4.3.2	不同城市人均生态承载力及其变化	98
4.3.3	生态赤字与生态超载指数	99
4.4	水资源承载力	100
4.4.1	水资源承载力的定义和计算	100
4.4.2	生态环境需水量	101
4.4.3	城市群水资源承载力	104

4.5 土地资源承载力	106
4.5.1 粮食对人口的承载力	107
4.5.2 土地资源的工业化、城镇化承载力	108
4.6 矿产资源承载力	109
4.6.1 矿产资源承载力计算方法	109
4.6.2 城市群煤、铁资源的经济/人口承载力	109
本章参考文献	110
第 5 章 辽宁中部城市群可持续发展的资源与生态承载力	112
5.1 生态资源的消耗与承载力	112
5.2 水资源的可持续发展承载力	112
5.2.1 水资源人口承载力	112
5.2.2 水资源的 GDP 承载力	113
5.2.3 水资源的居民生活承载力	114
5.2.4 水资源的工业承载力	115
5.2.5 水资源的农业承载力	116
5.2.6 水环境的支撑能力	117
5.3 土地资源的可持续发展承载力	117
5.3.1 粮食的人口承载力	117
5.3.2 土地资源对工业化、城市化的承载力	118
5.3.3 农用土地的农村就业承载力	119
5.4 矿产资源对经济发展的承载力	120
本章参考文献	120
第 6 章 环境管理分析	121
6.1 环境管理分析基本理论	121
6.1.1 环境管理分析的相关概念	121
6.1.2 环境负荷与经济增长的关系	122
6.1.3 生态环境管理	124
6.2 辽宁中部城市群环境管理曲线	126
6.2.1 生态占用管理曲线	126
6.2.2 废水排放管理曲线	128
6.2.3 能源消耗管理曲线	130
6.3 以“十一五”规划为基础的环境管理曲线	131
本章参考文献	133

第 1 章 生态环境与可持续发展能力建设

1.1 可持续发展与可持续发展能力

1.1.1 可持续发展的研究历程

随着科学技术的快速进步、人口的迅速增加、工业生产的不断发展和集中，人类对自然界的资源索取越来越多，同时投向周边环境的废弃物也越来越多。特别是 20 世纪 50 年代以来，人类社会面临的日趋严重的能源与粮食短缺、资源破坏和环境污染问题，不断加剧的生态危机，快速下降的经济增长速度，局部地区出现的社会不稳定现象使人们认识到传统的发展模式已无法支撑人类社会的长期生存与发展，迫使人类重新审视自己在整个生态系统中的位置，并进行了不懈的努力去探索具有重要意义的观点、思想和对策。可持续发展（Sustainable development）就是在此背景下提出的最具有影响、最具有代表性的概念。可持续发展作为一种新的理念和模式，彻底地改变了人类的传统发展观和思维方式，自 1987 年在《我们共同的未来》一书中提出后，已被广泛地接受和认可。同时，国际社会围绕可持续发展问题召开了一系列重大的会议并开展了大规模的行动。其中，在可持续发展进程中最具里程碑意义的 3 次会议为：联合国人类环境会议、联合国环境与发展会议和可持续发展世界首脑会议，最为重要的 3 份报告为：《增长的极限》、《世界保护策略》和《我们共同的未来》。

联合国人类环境会议（United Nations Conference on Human Environment）于 1972 年 6 月 5—16 日在瑞典首都斯德哥尔摩召开，来自 113 个国家的代表团参加了会议。会议针对人类面临的环境日益恶化、贫困不断加剧等突出问题，共同讨论迫切需要采取的行动与解决措施，通过了《关于人类活动的斯德哥尔摩宣言》（The Stockholm Declaration on Human Environment）和《人类环境行动计划》（Action Plan for Human Environment），并根据需要在会后成立了联合国环境规划署（United Nations Environment Programme）^[1]。

联合国环境与发展会议（United Nations Conference on Environment and Development）于 1992 年 6 月 3—14 日在巴西里约热内卢召开，来自 178 个国家的代

代表团出席了会议（其中包括 103 位国家元首或政府首脑）。会议根据当时的环境与发展形势，讨论通过了《关于环境与发展里约热内卢宣言》（The Rio Declaration on the Environment and Development）、《21 世纪议程》（Agenda 21）、《联合国气候变化框架公约》（The United Nations Framework Convention on Climate Change）、《联合国生物多样性公约》（The United Nations Convention on Biological Diversity）和《关于所有类型森林的管理、养护和可持续发展的无法律约束力的全球协商一致意见的原则声明》（Non-Legally Binding Authoritative Statement of Principles for a Global Consensus on the Management, Conservation and Sustainable Development of All Types of Forests），并于会后成立了联合国可持续发展委员会（Commission on Sustainable Development）^[1]。

可持续发展世界首脑会议（World Summit on Sustainable Development）于 2002 年 8 月 26 日—9 月 4 日在南非约翰内斯堡召开，来自 191 个国家的代表团参加了会议（其中包括 104 位国家元首或政府首脑）。会议回顾了《21 世纪议程》的执行情况、取得的进展和存在的问题，制订了一项可持续发展行动新计划，通过了《关于可持续发展的约翰内斯堡宣言》（The Johannesburg Declaration on the Environment and Development）和《可持续发展世界首脑会议实施计划》（Plan of Implementation of the World Summit on the Environment and Development）^[1]。

《增长的极限》（The Limits to Growth）于 1972 年公开发表，是“罗马俱乐部”（The Club of Rome）自 1968 年成立后提出的第一个研究报告。该报告唤起了人类对环境和发展的极大关注，引起了“经济不断增长与全球性环境退化和社会持续发展”关系的长期、广泛的讨论，并于 20 世纪 70 年代形成了共识，提出经济的不断发展必须考虑其对自然资源的最终依赖性^[1]。

《世界保护策略》是国际自然与自然资源保护组织（International Union for Conservation of Nature and Natural Resources）与联合国环境规划署和世界野生动物基金会等国际组织联合于 1980 年发表的。该报告虽然没有明确给出可持续发展的定义，但报告以可持续发展为目标，阐述了资源、环境保护与可持续发展的相互依存关系以及生命资源保护对人类生存与可持续发展的作用；确定了优先保护的问题、要求以及达到保护目标的有效方法。因此，一般可以认为该报告初步给出了可持续发展的内涵。可持续发展的概念发源于此^[1]。

《我们共同的未来》（Our Common Future）于 1987 年由世界环境与发展委员会（World Commission on Environment and Development）发表。世界环境与发展委员会于 1983 年 12 月成立，由 22 人组成，委员会主席 Gro Harlem Brundtland 基于世界环境与发展委员会制定了一个“全球革新议程”任务：

① 提出到 2000 年以后实现可持续发展的长期环境对策；

② 寻找形成发展中国家和不同社会经济发展阶段的国家间广泛的合作形式，寻求人口、资源、环境和发展的共同目标的环境途径；

③ 寻找有效处理环境问题、保护和加强环境的方法与措施。

世界环境与发展委员会经过近 4 年的努力，完成并发表了《我们共同的未来》这一报告。该报告基于“从一个地球走向一个世界”的观点，比较系统地分析和研究了可持续发展的人口、资源、生态环境、食品、物种、能源、工业、城市化、机制、法律、和平、安全和发展等方面的问题，明确给出了可持续发展的定义和内涵。提出可持续发展一方面应优先考虑世界上穷人的需求；另一方面应优先考虑技术和社会组织水平对人们满足需求的环境能力的制约^[1]。

1.1.2 可持续发展的定义与内涵

可持续发展作为一种新的理念和模式，自 1987 年在《我们共同的未来》中提出后已被广泛地接受和认可^[2-3]。不同研究领域的学者从不同的视角就可持续发展的概念、内涵和评价模式进行了研究，并对世界各国可持续发展的程度进行了度量。可持续发展已经成为世界性发展合作的重要基础和诊断区域开发及其健康运行的标准。

(1) 可持续发展的定义。已有的可持续发展的定义归纳起来有如下 3 种。

① 世界环境与发展委员会主席 Brundtland 于 1987 年提出的定义：“可持续发展是既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。”该定义成功地传递了长期的未来定向，承认满足人类世代间的需求^[4-6]。

② 欧洲 21 世纪水项目中提出的定义。该定义认为，可持续发展应该维持自然资本的供应；可更新资源的使用不应超过其更新速率；不可更新资源的使用在替代资源可利用之前不应被耗尽；生态过程和生态结构应该被维持^[7]。

③ P.Khanna 等认为，可持续发展就是“能动地调控自然，调控社会复合系统，使人类在不超越资源与环境承载能力的条件下，促进经济发展、保持资源永续和提高生活质量。发展就是人类对这一复合系统的调控过程”^[8]。

(2) 可持续发展的内涵。可持续发展的内涵包括以下几个方面。

① 生态可持续：可持续发展鼓励经济增长，因为它体现了国家实力和社会财富。可持续发展不但重视增长数量，更追求改善质量、提高效益、节约能源、减少废物，改变传统的生产和消费模式，实施清洁生产和文明消费，强调自然资源及其开发利用程度间的平衡，保证和加强环境系统的生产和更新能力。

② 经济可持续：可持续发展的核心就是经济发展，是以不降低环境质量

和不破坏世界自然资源基础为前提的经济发展。因此,可持续发展要以保护自然为基础,与资源和环境的承载能力相协调。要求经济发展的同时必须保护环境,包括控制环境污染,改善环境质量,保护生命支持系统,保护生物多样性,保持地球生态的完整性,保证以持续的方式使用可再生资源,使人类的发展保持在地球的承载能力之内^[9-10]。

③ 社会可持续:可持续发展要以改善和提高生活质量为目的,与社会进步相适应。可持续发展应在生存不超出维持生态系统承受力的情况下,改善人类的生活品质,提高人类的健康水平,并创造一个保障人们享有平等、自由、教育、人权和免受暴力的社会环境。世界自然保护同盟和联合国环境规划署、世界野生动物基金会于《保护地球可持续生存战略》中提出,可持续发展强调人类的生产与生活方式要与地球的承载能力保持平衡,保护地球的生命力和生物多样性^[11]。

④ 科技可持续:可持续发展就是转向清洁、有效的技术,接近零排放的工艺方法,更少的能源与其他自然资源的消耗^[12]。

1.1.3 可持续发展能力

1.1.3.1 可持续发展能力的定义

可持续发展能力是指“一个特定系统在规定目标和预设阶段内可以成功地将其发展度、协调度、持续度稳定地约束在可持续发展阈值内的概率”。J.W.Hansen 和 J.W.Jones (1996) 将可持续发展能力定义为“一个特定的系统成功地延伸至可持续发展目标的能力”或“一个系统可以达到可持续状态的水平”。可持续发展能力作为世界各国实施可持续发展战略着力培育的基础动力,是联合国《21 世纪议程》的中心内容之一^[13-15]。

一个国家或地区的可持续发展能力很大程度上取决于在其生态和地理条件下的人民和体制的能力,由人力、科学、技术、组织、机构和资源能力组成。

“可持续发展能力的本质是如何维系地球生存支持系统去满足人类基本需求的能力”^[16],集中体现在“发展度、协调度和持续度及其三者的逻辑自洽和均衡匹配”^[17]。

(1) 发展度。可持续能力的“动力表征”,是可持续能力不断提高的动机^[17]。包括:①社会财富增长的度量;②发展质量提高的度量;③理性需求满足的度量;④创新能力培育的度量;⑤文化内涵进步的度量。

(2) 协调度。可持续能力的“公正表征”,是可持续能力不断优化的调节者^[17]。其内涵包括:①人际、代际、区际之间的协调;②物质文明与精神文明之间的协调;③经济效率与社会公平之间的协调;④自由竞争与有序规范之间的协调;⑤开拓创新与有效继承之间的协调。

(3) 持续度。可持续能力的“稳定表征”，是可持续能力不断维系的促进剂^[17]。包括：①逼近“三零状态”，即生态赤字为零、环境胁迫为零、生态价值与生产价值比率变化为零；②向自然的索取与对自然的回馈相平衡，充分建立人与自然的协同进化机制；③充分尊重自然遗产和历史文化遗产，同时担负起为后代扩大更多文明积累的责任；④逐步实现“自然—社会—经济”复杂巨系统的可持续发展目标。

1.1.3.2 可持续发展能力的基本表达

可持续发展能力主要表现为人口的承载能力、区域的发展能力、环境的缓冲能力、社会的稳定能力和管理的调控能力。

(1) 人口的承载能力，是指一个国家与地区的资源数量与质量对该空间人口的基本生存与发展的支撑能力，只有该支撑能力被基本满足后，社会才具备启动与发展的前提^[18-19]；

(2) 区域的发展能力，是指一个国家与地区的资源、人力、技术与资本可以转化为产品和服务的总体能力，只有这种能力在不危及其他子系统的前提下，与人的进一步需求同步增长时，才能达到可持续发展；

(3) 环境的缓冲能力，表明只有人类对资源的利用和人类经济发展过程中废弃物的排放均维持在环境的允许容量之内，才能可持续发展；

(4) 社会的稳定能力，是指社会公正、进步、有序和稳定的集中体现，可以通过提高系统的抗干扰能力和弹性能力促进可持续发展；

(5) 管理的调控能力，是指人的认识能力、判断能力、决策能力和创新能力适应总体发展水平，体现在国家或区域的制度合理程度与完善程度。

一个国家或区域的教育水平、科技竞争、管理能力和决策能力决定了可持续发展的后劲和基础，是可持续发展能力的最终限制性因子。

可持续发展能力的大小是实施可持续发展的物质能力和精神能力的总和，因此，5种能力的综合可用于衡量一个国家或一个地区实施可持续发展的成功程度，也可用来全面比较不同国家和地区可持续发展潜力^[17]。

1.2 生态环境及其可持续发展能力

1.2.1 生态环境

生态环境是以人类为主体的整个外部世界的总和，是人类赖以生存和发展的物质基础、能量基础、生存空间基础和社会经济活动基础的综合体，具有环

境与资源的双重属性^[20-21]。

生态环境由非生物因素和生物因素两大类组成,受人类活动的影响。非生物因素是指生物因素以外的自然资源与环境,包括矿产资源与矿山地质环境、土地资源与土壤环境、水资源与水环境、气候资源与大气环境;生物因素是指人类以外的生物界。生物是非生物因素在一定空间长期综合作用的产物,也是非生物环境综合特征的集中体现。生物因素包括生物资源与生物多样性和生物对环境的影响。

1.2.2 生态环境承载力与生态环境可持续发展能力

在人与生存环境共同构成的生态系统中,资源作为生态系统的维持要素,一方面提供人的衣、食、住、行和社会经济发展的物质资源——资源承载,另一方面同化、储藏人类社会经济发展向环境排放的大量废弃物——环境承载。只有生态系统的自我维持和自我调节能力维持在一定的弹性范围内,即生态环境承载力范围内,才能够保持生态系统的相对稳定和相对平衡——可持续发展。

生态环境作为人类赖以生存和发展的物质基础、能量基础、生存空间基础和社会经济活动基础的综合体,其可持续发展能力包括资源的持续承载能力、环境的持续承载能力和生态的持续承载能力。

生态环境可持续发展能力以生态系统的自我维持与自我调节能力和资源与环境子系统的供容能力为支撑,以社会经济发展的资源消耗和环境影响为压力,以生态系统的持续承载为基础,以人类社会的可持续发展为目标。资源持续承载是可持续发展的基础条件,主要表现为一个国家或地区按人平均的资源数量和质量对于该空间内人口的基本生存和发展的支撑能力;环境持续承载是可持续发展的约束条件和临界阈值,以其缓冲能力、抗逆能力和自净能力的总和,去维护人类的生存支持系统和发展支持系统。一定的生态弹性度是可持续发展的支持条件。生态环境可持续发展在强调生态系统整体调节能力重要性的同时,也注重资源、环境和生态弹性力的支持条件和有限性。强调人类社会的经济发展必须依赖于各种自然资源(即基础条件),只有维持环境的自净容量在允许的范围内(即约束条件)和一定的生态弹性限值内(即支持条件),生态环境才可抵御外界的各种人为或气候变化带来的负面影响,维持相对的稳定和平衡。

由此可见,生态环境承载力与生态环境可持续发展能力在某种意义上是一致的。二者都强调发展与人口、资源、环境之间的关系,以可持续发展为原则,根据资源实际承载能力,环境的实际容纳能力和生态系统的实际弹性能力确定人口与社会经济的发展速度与发展规模,强调发展的极限性,其解决的核

心问题也是发展与人口、资源、环境之间的关系问题。可持续发展是目标，资源、环境是可持续发展的支撑。

1.2.3 生态环境可持续发展能力建设

生态环境可持续发展能力建设实质上就是提高生态服务价值，扩大生态环境容量，增强生态环境质量。

1997年5月，Robert Costanza在《自然》杂志上提出生态环境能够为人类社会提供大气平衡、气候调节、食品生产、土壤形成、生物控制和各种原材料等多样化生态服务，以此来满足人类不断增长的物质和精神需求。但是，这种服务是有限的，因为人类的过度索取必然会导致自然生态系统的服务功能下降，削弱自然生态系统对人类社会活动的基础承载能力。

只有这种给予人类或可为人类利用的自然物质和能量的存量随着时间的推移而保持基本恒定，即人类对自然资源的利用速率与生态系统的自然资本的累积速率处于平衡，人类社会才能可持续发展。

世界自然基金会与联合国环境规划署的《2000年地球生态报告》表明，各国经济赖以发展的全球自然生态系统自20世纪70年代以来已经减少近1/3。如果人类以目前的速度继续消耗地球资源，则地球上所有自然资源将会在2075年前耗尽^[22]。

目前，全球环境正处于危险的十字路口。全球生态系统退化严重，环境恶化，自然灾害日趋严重，正向危险的边缘接近^[23]。

大气中羟基自由基浓度的下降使地球正失去自我清洁空气的能力^[24]；目前，大气中CO₂的浓度为360mg/L，是工业革命前的1.39倍；由于臭氧层被破坏，一个世纪内，全球平均气温增高了0.48℃，海平面上升了15cm；全球陆地面积的48.3%为沙漠或沙漠化土地，每年有6万km²的土地变成沙漠。由于土地荒漠化，每年有6万km²农田和9万km²牧区失去生产力，30万~70万人提前死亡，10亿人的健康受到影响，经济损失达423亿美元；全球每年有5万种生物灭绝，占野生生物的15%~30%；世界缺水现象普遍，淡水危机日趋严重，全世界有26个国家约3.25亿人缺水，有80个国家近1/5的世界人口存在清洁水问题。

2008年爆发了继第二次世界大战后最为严重的世界性粮食危机，涉及30多亿人口、20多个粮食主产国和30多个缺粮国，其中12个严重缺粮国甚至出现骚乱。2008年全球粮食储备是1980年以来的最低水平，仅能满足全世界人口50多天的消耗，2009年有36个国家面临食物短缺问题。

因此，要提高生态服务价值，扩大生态环境容量，增强生态环境质量，实

现可持续发展,一方面应该通过人类自律和自控约束自身非理性需求的盲目扩大,降低对自然资源的过度索取;另一方面应通过技术、政策等手段,恢复、维护和提高受损生态系统的功能、生产能力和服务能力。

Herman Daly 早在 1991 年就提出了维持生态环境可持续性的 3 条原则:①使用可再生资源的速度不超过其再生速度;②使用不可再生资源的速度不超过其再生替代物的开发速度;③污染物的排放速度不超过环境的自净容量。

基于 Herman Daly 的 3 条原则,中国科学院可持续发展战略研究组于 2002 年提出了生态环境能力建设的宏观调控原则,内容如下。

① 初级生产力 (NNP) 原则,即人口和经济的发展规模不应超过陆生生态系统每年净初级生产量的 40%。

② 环境质量转化临界原则。

③ 可再生资源利用的临界原则,即可再生资源的使用速度不得超过其再生速度,包括森林资源的采伐量不超过其生长量;鱼类种群的可持续收获量不超过种群的增长率;草地载畜量不超过草地的最大承载力;地下水的开采量不超过地区水资源总量的 25%;污染物的排放速率小于区域环境容量(累积性污染物的排放量为零)。

④ 不可再生资源利用的临界原则,即不可再生资源的使用速度不超过其发现和技术替代速度。

⑤ 生物多样性安全阈值原则,即维护自然资本存量非减或恒定,相应于区域动物群和植物群最小可存活种群数量。

⑥ 土壤人为加速侵蚀-水土保持上限原则,即土壤的保护能力与土壤的人为加速侵蚀速度保持时序上的动态平衡。

⑦ 土壤肥力临界原则,即保持自然过程形成养分、人为补充进土壤的养分与植物所带走的养分之间的平衡^[17]。

1.3 城市生态环境可持续发展能力

1.3.1 城市生态环境

城市是指一个以人为主体的,以空间和环境利用为基础,以聚集经济效益、环境效益为特点,以人类社会进步为目的的,集约人口、集约经济、集约科学文化的空间地域系统,是人类社会经济发展到一定阶段的产物^[25-26]。

城市系统是一个以人类生活与生产活动为中心的,由社会、经济、资源和环境等要素之间相互作用、相互依赖、相互制约构成的人工复合系统,是由微

观与宏观、静态与动态、内部与外部、时间与空间、物质与精神相互关联、相互作用的系统总体,具有人口集中,经济活动频繁,对自然环境改造力强、影响大的特点^[27]。城市生态环境(狭义)是指城市环境、资源和除人以外的生物界。城市生态环境在给人类提供一个经济、社会、生活的人工性空间区域,为城市提供生态调控和支持系统的同时,其自身的发展也受到周围环境、社会结构、历史文化传统、经济发展、交通地理环境、农业基础、科技教育水平等客观条件的制约。随着城市化进程的加快,城市人口剧增,已由1800年占世界总人口的10%,增至1900年的15%和2000年的50%^[28]。随着城市化发展,城市规模越来越大,城市资源短缺和耗竭,生态环境恶化以及人口极度增长引起的大量社会问题等由城市发展而带来的负面效应给地球造成巨大的压力,使得本来就已十分脆弱的城市环境更加脆弱,极大地阻碍着城市的可持续发展。因此,只有城市走上可持续发展之路,才会有国家、区域乃至全球的可持续发展。

1.3.2 城市生态环境可持续发展能力

协同论、突变论和耗散结构理论认为,城市系统是经济、社会、自然生态环境的复合生态系统,具有多层次的结构,各系统之间具有相互制约的作用。城市具有耗散结构,必须从外界获取物质和能量,并通过不断地输出产品和废物来保持其稳定性和有序性。城市系统的可持续发展是社会系统、经济系统和自然生态环境系统的协调发展,取决于自然生态环境的支撑能力^[29]。

城市生态环境作为城市生存与发展的物质基础、能量基础、生存空间基础和社会经济活动基础的综合体,用以协调城市与自然的相互关系,维持和推动整个城市系统的稳定和平衡,为城市提供生态调控和支持。城市生态环境一方面为城市提供水、大气、土壤、动植物等必需的自然资源,并以此调控城市的发展速度、规模和演化方向;另一方面不断地维护自身的自然净化能力、缓冲能力、生产能力,保持自身结构的稳定性和功能的高效性,从而最大限度地发挥城市生态环境的支持能力。生态环境支持的实质就是城市的资源数量与质量、环境的容量对城市的生存和发展的支撑能力和可能发挥的潜力^[30]。

城市生态环境可持续发展能力的高低取决于城市生态基础设施的承载能力和服务功能的强弱,城乡物质代谢链的闭合与滞竭程度,以及景观生态的时、空、量、构、序的整合性^[31]。生态基础设施的承载能力和服务功能的强弱是指支持系统承受外部干扰的能力和系统结构与功能的优劣,包括系统的资源供给能力、环境的容纳能力、生态系统的自我维持能力,分别用资源承载力、环境要素容量和生态系统的弹性度来表示。生态承载力是客观存在的,只有以资