



城市生态 工程学

马光 胡仁禄 编著



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

城市生态工程学

马 光 编著
胡仁禄

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

城市生态工程学/马光, 胡仁禄编著. —北京: 化学工业出版社, 2003.3
ISBN 7-5025-4354-6

I. 城… II. ①马… ②胡… III. 城市环境-环境生态学 IV. X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 001525 号

城市生态工程学

马 光 胡仁禄 编著

责任编辑: 夏叶清

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 陈 静

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 208 千字

2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4354-6/X·247

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

21 世纪城市化迅速地发展，城市的生态建设问题是人们极其关注的焦点。世界各地各国都将遵循可持续发展的道路，建设可持续发展的各类生态体系，其中主要包括生态型城市、生态型社区、生态型村镇三个层区。

为了适应经济建设中以生态学基本原理为基础的开发，作者十多年来一直在探求研究，如何将生态学原理运用城市工程建设之中。为实现这个目的，首先从高等教育的工程技术人员以生态教育为基础的培养开始。为此，作者从 1996 年起，在东南大学工科各系的研究生中，首先开设了“城市生态学”课程，使高等工程技术人员接受生态学教育，并建立工程学科的生态学新理念。作者于 1996 年编写的《城市生态学》研究生内部教材，突破单纯的生态学理论和单项的城市建设工程技术，将生态学原理与城市工程建设结合。该教材由东南大学环境工程系吕锡武教授及建筑系柳孝图教授初审，经过六年教学实践，在此基础上增加了生态工程新技术及工程实践，使其内容更加丰富，力图完善，编写成《城市生态工程学》一书。

本书包括三部分内容：生态学基本原理，城市生态系统，生态工程技术及实践的工程实例。

在教学科研设计及编写过程中，得到东南大学有关系、所专家教授大力支持和帮助，并提供了有益的实践成果资料。在此感谢东南大学热能工程系，热能动力研究所李大骥教授，环境工程系吕锡武教授、张林生教授以及环境工程研究所曾苏老师。特别感谢南京市政协副主席、能源部环境保护研究所所长

王励前高级工程师的大力支持和鼓励!

本书在编写过程中,曾得到 ABB 中国有限公司施揆中总工程师以及 Fortum (芬兰富腾工程公司) 北京代表处能源部经理陆颖小姐及 Fortum 公司的 Ilari Ekman M. Sc (Eng) (伊拉瑞·爱克曼工程硕士) 提供的宝贵的技术资料,在此一并表示衷心的感谢。

在编写工作中东南大学研究生胡京、何宏、杨冬辉、周培国、李晓斐、宋海亮、李锋、胡明等参加了绘图、翻译、校对工作。

由于生态建设在中国大地飞跃发展,时时有新技术、新成果产生,特别在西部大开发中更体现生态建设的重要。欢迎各界专家、读者提供更多的信息及资料,以便充实生态工程的内容。

由于本书编写中涉及环境工程、城市建筑规划、能源动力等多学科,涉及面广,作者知识水平有限,还有不当及错误之处,敬请专家、读者批评指正。

作 者

于东南大学·南京

2002.11

目 录

第一章 绪论 1

第一节 生态学的概念、起源及发展简史 1

一、生态学的定义及研究对象 1

二、生态学的形成与发展 3

第二节 生态学学科分支及研究方法 7

第二章 生态学基本原理 9

第一节 生物与环境 9

一、环境的概念 9

二、环境的类型 10

三、环境因子分类 12

四、生态因子 13

五、生态因子的生态作用及生物适应 16

第二节 生态系统 21

一、生态系统的组成 22

二、生态圈 23

三、生态系统的结构 27

四、生态系统的功能 28

五、生态平衡 34

第三章 城市生态系统 37

第一节 城市化的发展 38

第二节 城市生态思想形成论 40

一、中国古代城市生态思想 41

二、国外城市发展的生态形成论 42

第三节 城市生态系统结构 49

一、按生物、非生物分类的城市生态系统结构	49
二、按生态系统性质分类的城市生态系统结构	50
三、城市经济生态系统结构关系	50
第四节 城市生态系统功能	51
一、城市物质能源代谢三流模型	52
二、地球能量与自然灾害	53
三、城市信息的传递	56
四、城市人口流	57
第五节 城市生态系统特点	58
一、人类(群)是城市生态系统的主体	59
二、城市生态系统是高级人工化的生态系统	60
三、城市生态系统是个耗散结构系统	60
第四章 城市生态环境特征	63
第一节 城市气候	64
一、城市建筑与空气热能量平衡	64
二、城市气候的特点	65
三、城市风	70
四、城市风在城市规划中的影响	75
第二节 城市的水环境	80
一、城市的水系统	81
二、城市水循环系统的功能	82
三、城市大气环境中的水	83
四、城市化对水环境的影响	84
第三节 城市光环境	86
一、城市光环境的减弱	86
二、城市下垫面改变对光波的影响	88
第四节 城市物质代谢中的氧气环境	89
一、城市大气质量	89
二、城市绿地的功能	91
第五章 城市生态环境容量	99
第一节 城市生态环境问题	99

第二节 生态足迹	100
第三节 城市环境容量	103
一、地理区域土地面积容量	103
二、水资源环境容量	103
三、城市大气环境容量	110
第四节 城市生态环境规划	121
一、生态建设内容	122
二、城市环境容量法在城市规划中的应用	125
第六章 城市环境污染控制技术	126
第一节 城市污水控制技术	126
一、城市污水处理厂	126
二、城市废水处理技术	128
三、城市废水回用处理系统	130
第二节 城市污水排海生态技术工程	132
第三节 南水北调工程	136
一、东线调水工程	138
二、中线调水工程	140
三、西线调水工程	142
四、综合评价南水北调工程的生态效益	143
第四节 土地处理系统生态技术	144
一、水处理生态技术	144
二、以土壤为基础的净化系统	149
三、水生植物处理系统	156
第五节 城市大气污染控制技术	165
一、烟气净化脱硫技术	166
二、海水脱硫技术	171
三、国外发电厂净化烟气技术	176
第六节 城市废弃物控制技术	183
一、废弃物燃烧处理技术	183
二、城市固体废弃物处理技术	186
第七节 城市交通机动车污染物控制技术	188
一、机动车排放尾气污染控制技术	188

二、车用燃料改进和燃料替代技术	201
第七章 城市生态环境工程实例	204
第一节 城市大气环境治理生态工程实例	204
一、国内首座城市环保电厂——南京下关电厂	204
二、清洁能源工程	217
第二节 城市废水处理工程实例	221
实例 天津市纪庄子废水处理厂	221
第三节 城市垃圾处理生态工程实例	224
实例 南京市水阁垃圾场垃圾填埋气体回收工程	224
第四节 城市居住环境的生态工程	230
一、居住环境的基地处理	233
二、水环境	235
三、生物环境	242
参考文献	252
附录	253
附录一 环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	253
附录二 大气污染物综合排放标准 (GB 16297—1996)	255
附录三 水资源与水环境污染标准	278

第一章 绪 论

第一节 生态学的概念、起源及发展简史

一、生态学的定义及研究对象

生态学 (ecology) 是近代创造的, “ecology” 一词源于希腊文 “Oikos” 由其衍生而来, 原意为房子、住所、家务生活所在地, “logos” 原意为学科或讨论, 故 “ecology” 原意为研究生物住所的科学。即生态学是研究关于居住环境的科学。此外, 生态学与经济学 (economics) 为同一词源, 在词义上有共同点, 所以有的学者也把生态学称之为自然经济学。美国 R.E. Richlefs 著的《自然经济学》(The Economy of Nature, 1976) 副标题为基础生态学。

生态学作为一个学科名词, 是德国生物学家赫克尔 (Ermst Haeckel) 于 1866 年在其所著《普通生物形态学》(Generelle Morphologie der Organismen) 一书中首次提出的, 他把生态学定义为: “生态学是研究生物与其环境相互关系的科学”。他所指的环境包括非生物的自然环境 (无机物因素) 和生物环境 (有机物因素) 两部分。理论概括而言, 生态学就

是研究生物聚居地的科学。即研究生物（包括人类）生存的环境。简称“生境”或“生态位”（niche），生物的栖息地（生境）或龕（小生境、生态位），也就是生物或各种物种具体居住、生活的地区所具有的生物因素总和。这里包括各地地理位置、地形条件、土壤、气象（候）等及周围所形成的各种各样的生境类型。

生态学是一门研究具有复杂功能和生物系统的科学，和其他科学一样，生态学自有历史记载以来，是一个经历逐渐的，并且是间歇发展的过程。从古希腊著名医生希波克拉特斯和哲学家及其他学者的著作中，已包含了明显的生态学观点。

18、19 世纪许多学者也曾致力于这门学科研究，虽然没有明确提出“生态学”这个词，但是开创了“物种”、“种群调节”等科学概念。其中包括著名的生物学家达尔文（Darwin，1809—1882），他在 1859 年出版了科学巨著《物种起源》从进化论观点对生态学的起源也作出巨大基础贡献。在这之前英国牧师托马斯·马尔萨斯（Thomas Malthus，1766—1834）提出的《人口论》（Essay on population）的观点，即论影响将来社会进步人口原理，他不仅研究生物繁衍关系，而且研究人口增长和食物生产关系的观点对达尔文有很大影响。

生态学作为独立学科是归功于英国植物学家坦斯莱（A.G.Tansley），他把生物与环境看成一个整体，并在 1935 年首次提出生态系统（ecosystem）的概念，这才使生态学成为独立的学科。

20 世纪 50 年代之后，生态学已打破植物的界线，进入生态系统时期，并超出生物学的领域。其研究范围越来越广泛，在一些新的生态学著作中，对生态学采用了新的定义，近代著

名的生态学家美国佐治亚大学教授奥德姆 (E.P.Odum) 认为“生态学是研究生态系统的结构和功能的科学”，在其著作《生态学》(1997) 一书中又提出“生态学是综合研究有机体、物理环境与人类社会的科学”，并以“科学与社会的桥梁”作为该书的副标题，以强调人类在生态学发展中的作用。中国生态学会创始人马世骏 (1980) 认为生态学是“研究生命系统与环境系统之间相互作用规律及其机理的科学”。

总之，生态学是研究生物和人与自然环境之间关系以及研究自然与人工生态结构和功能的一门科学。生态学是迄今综合的边缘科学，它是综合了自然、社会、经济以及人文科学多方面的当代最复杂的科学。

二、生态学的形成与发展

生态学的形成和发展经历了一个漫长的历史过程，而且是多元起源。概括而言，大致可分为四个时期：古代生态学的萌芽时期（公元 16 世纪以前）；生态学的建立时期（公元 17 世纪至 19 世纪末）；生态学的巩固时期（20 世纪初至 20 世纪 50 年代）；现代生态学时期（20 世纪 60 年代至现在 21 世纪）。本书仅以古代生态学与现代生态学的实质与差异作一介绍。

1. 古代生态学

在人类文明的早期，为了生存，人们对于其赖以生存的动、植物的生活习性以及自然环境进行观察和利用。中国传统古代哲学思想“天人合一”论，即是古代生态思想的代表。中国古代学者对生态学的贡献早于西方学者千年。早在公元前 1200 年左右，中国《尔雅》一书中就有草、木两章，记载了

176 种木本植物和 50 多种草本植物的形态与生态环境。公元前 200 年的《管子》地员篇专门论及水土和植物，记述了植物沿水分梯度的带状分布以及土地的合理利用。早在秦汉前（公元前 1000 年）就开始注意到生物的生存繁衍与环境的规律。公元前 100 年前后，我国农历已确定了 24 节气，它反映了农作物（植物），昆虫（动物）与环境（气候、温度、雨水、湿度、日光、土壤、气流、风等）的关系。指导农业生产，农民耕作规律，从而提出人类如何在地球环境上生存繁衍的一门最古老、最朴素的生态学利用范例（见表 1-1）。

表 1-1 中国农历的二十四节气歌（表）（时间按公历）

日期	1月 ⁶ ₇ 日	2月19日	4月 ⁴ ₅ 日	5月21日	7月7日	8月 ²³ ₂₄ 日	10月 ⁸ ₉ 日	11月 ²² ₂₃ 日
节气	小寒	雨水	清明	小满	小暑	处暑	寒露	小雪
日期	1月 ²⁰ ₂₁ 日	3月 ⁵ ₆ 日	4月20日	6月 ⁵ ₆ 日	7月 ²² ₂₃ 日	9月 ⁷ ₈ 日	10月 ²³ ₂₄ 日	12月7日
节气	大寒	惊蛰	谷雨	芒种	大暑	白露	霜降	大雪
日期	2月4日	3月 ²⁰ ₂₁ 日	5月 ⁵ ₆ 日	6月 ²¹ ₂₂ 日	8月 ⁷ ₈ 日	9月23日	11月 ⁷ ₈ 日	12月 ²² ₂₃ 日
节气	立春	春分	立夏	夏至	立秋	秋分	立冬	冬至

至今，农历二十四节气仍实用于指导农业生产，以及指导人类对生存环境的依赖规律。虽然在古代尚未有“生态学”这个名词，也未能使它发展成独立学科，但其包含的科学核心，也正是现代生态学的核心规律之一。现代的生态工程基本原理也符合于生态学科学核心。

2. 现代生态学

20 世纪 60 年代以来由于经济高度发展以及人口迅速增长，带来影响人类生存的环境问题日趋尖锐，恶化。例如，人

口爆炸性增长、资源破坏、能源枯竭、环境污染，全球性的生态平衡遭到种种破坏。在人类寻找生存解决办法的过程中，使生态学得以迅速发展。1962年美国女海洋生物学家卡逊(Rachel Carsons)的著作《寂静的春天》(Silent Spring)引起人们对自身生存环境的震惊，它奠定了现代污染生物学的基础。

这个时期生态学理论建立在美国生态学家奥德姆(E.P.Odum)在1971年著的《生态学基础》一书上(Fundamental of Ecology)，该书全面系统地阐述了生态学基本原理，他认为生态学是研究生态系统的结构和功能的科学，其内容应包括：

- ① 一定地区内生物的种类、数量、生物量、生活史及其空间分布规律；
- ② 该地区营养物质和水、空气、阳光等非生命物质的质量和分布；
- ③ 各种自然环境因素（阳光、湿度、温度、土壤等）对生物的影响；
- ④ 生态系统中的能量流动和物质循环、信息传递的基本功能；
- ⑤ 生态环境对生物的调节作用，如光周期现象以及生物对环境的反调节影响，如微生物固氮作用（空气及土壤中）。

生态学基本原理既可应用于一般广义的生物物种，也可应用于人类自身以及人类所从事的各种活动（生活、生产）。事实上，现代生态学的发展已将人放在中心位置，将当代人口、资源、环境、能源、栖息地（居住）等问题的发展从以生物研究为主体转移到以人类为主体的研究中来，也就是研究城市生

态学的内容，研究特殊的人类生存环境问题，是人类人口加快城市化进程中一个重要生态问题。

在城市环境规划（建设）与建筑设计中，出现了以伊恩·麦克哈格（I.L.Mchary）为代表的城市规划师和风景建筑师，开始注意研究人类生存的生态环境。麦克哈格也被称之为有灵感的生态学家。作为一位有才能的建筑师、规划师以鲜明的生态观点来观察自然和人的活动为人们城市居住环境、生活准则和长远的生活目标。他于1969年著《设计结合自然》（Design with Nature）一书以丰富的资料，深刻的思想，精辟的论断，详细阐述了人与自然环境之间不可分割的依赖关系，大自然演进的规律和人类认识的深化。这是首部将生态学原理引入城市规划设计的经典之著，研究大自然特征，创造人类生存环境具有里程碑性质的著作。

全书概括起来有以下几方面的内容。

（1）以生态学的观点，既从宏观方面，也从微观方面来研究自然环境与人的关系，阐明了在工业、交通等技术高度发展的过程中，违抗自然及掠夺性的开发对人类带来的灾难，提出如何适应自然的特征，创造人的生存环境的可能性与必要性。

（2）阐明了自然演进过程，总结了人类社会在不同的历史背景下对待自然的不同态度，应用生态学和热力学等理论，宇航科学实验模拟的生存环境等例证，证明了人对大自然的依存关系，批判以人为中心的思想。

（3）对东西方的哲学、宗教和美学等文化进行了比较，说明了两种文化各自优缺点，揭示了各自的建筑形式和造园艺术等方面的差别的根源。

（4）针对不同的研究对象，通过对自然诸要素在进化过程

中的作用与价值的大小，进行分类与评价，按照其价值等级体系，提出土地利用的准则。通过许多美国城市规划和区域规划研究的实例，阐明了综合社会、经济的物质环境诸要素的方法。

(5) 研究了大自然中生命与非生命的物质形式，指出是适应的结果。进一步指出城市和建筑等人造的形式的的评价与创造，应以“适应”为标准。

(6) 通过各种社会弊病、种族分布、人口密度、经济状况和病理的调查与分析，证明人口密度与疾病有密切的关系。

第二节 生态学学科分支及研究方法

生态学是一门综合性很强的科学，一般分为理论生态学和应用生态学。学科大发展，形成庞大的生态学学科体系。据估计目前冠之以“生态”名词的学科，已近 100 门之多，交叉的学科如生态哲学、生态伦理学等人文学科的出现，显示人们对生态意识进入一个新的高度。

20 世纪 50 年代后，科学的研究方法，信息论、控制论和系统论的发展（称之老三论）也为生态学带来了自动调节原理和系统分析方法，使得生态学得以进入大发展阶段。而 20 世纪 70 年代后，人类生存环境问题日趋严重，特别是人口的城市化进程加快，促使城市生态系统的研究引起高度重视。特别是联合国教科文组织（UNESCO）主持的“人与生物圈”（MAB）的研究计划，提出以生态学研究城市生态问题，使得原有老三论的科学研究方法，已不能满足城市生态系统如此复杂的生态系统。因为其包括自然生态系统、社会生态系统以及

经济生态系统。此时科学研究的新三论研究方法：耗散结构论、协同论及突变论为生态学，特别是城市生态学提供了新的方法，新的思考思路。虽然这新三论研究方法，原来自生物学，医学，化学，物理，哲学等，恰好给研究生态学提供了开放的新的方法和途径。