

生态工程技术丛书

生态设计与技术

杨京平 摇田光明 摇主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北京 ·

前摇摇摇言

工业革命以来，人类无节制地征服、掠夺自然，给整个自然界造成极大破坏的同时，也给人类自身的生存造成了严重的威胁。环境的不断恶化、全球的气候变暖、危及人类自身生存与可持续发展的严峻现实促使人类对过去的行为进行思考和反省。人类认识到大自然并不是一个可以任意改造的客体，而是一个有着自己客观发展规律的有机整体。人类为了自己的明天必须与大自然和谐相处，建立一个和自然结合良好的具有生态良性循环的人居和生产环境。因而在 20 世纪 80 年代国际上的一些发达国家和发展中国家推出了一系列以生态概念为主题的“生态计划”、“生态建筑”、“生态设计”、“环境与绿色设计”等等。

这些设计与思潮基于生态学的普遍原理，结合产品的生产过程与消费过程的环境影响效应进行合理的生产、环境设计与工艺措施安排，以最大限度地减少环境污染为原则，特别注意和自然环境的结合与协作。在设计时尽量采用无污染的材料和发挥自然环境的优势，克服工业社会发展对生态环境的破坏。本书正是在这样一种环境因素和背景下，结合目前国内外的有关环境设计、绿色设计及生态修复与恢复等研究与发展状态，对于生态设计的原理和理念、产品生态设计、景观生态设计、生态产业设计、废弃物处理、生态旅游和生态修复与恢复技术等进行了较为全面的介绍，期望能够为我国目前的生产建设与环境的友好结合作出新的探索。

全书由浙江大学杨京平博士、田光明博士主编。全书共分十章，主要编写人员为：杨京平编写第一章，田光明编写第二章、第八章；赵兴征博士编写第三章、第五章；祁素萍博士编写第四章；徐礼根副教授、辜再元、洪利兴研究员编写第六章及第七章；陈杰博士编写第九章、第十章。全书由主编审阅定稿。

本书在编写过程中引用了众多新的出版资料，国内外农业、环境、工业生态及湿地、景观生态设计与技术研究的资料和成果，本人在美国康奈尔大学作高级访问进修期间利用其图书及电子数据库资料对生态设计研究与进展进行了广泛的资料收集和分析，在此表示衷心的感谢。由于生态设计与技术是一门飞速发展的应用科学，在社会与科技的发展过程中会不断涌现新的观念与技术应用领域，加上本书涉及面广、综合性强，作者的水平和掌握的资料有限，缺点与不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

圆缘年 苑月

目 录

第一章生态设计的原理与方法	员
第一节生态设计的起源与发展	员
一、生态设计的概念	员
二、生态设计的发展	圆
第二节生态设计的原理与方法	源
一、尊重自然、整体优先的设计原则	源
二、同环境协调,充分利用自然资源的生态设计原理	缘
三、发挥自然的生态调节功能与机制设计原理	远
四、生态设计的参与性与经济性原则	愿
五、乡土化、方便性、人文性原则	员
第三节生态设计的管理	员
一、生态设计评议	员
二、生态标志	圆
三、生态标志的生命周期评价	源
第四节生态设计的实践	缘
一、从传统设计到生态设计	缘
二、产品生态设计的基本内涵	员
三、产品生态设计面临的问题	愿
四、国内外的生态设计的一些案例	员
五、生态工程设计研究的进展	圆
六、产品生命周期的生态设计	猿
第五节生态设计的展望	猿
一、世纪的展望	猿
二、生态设计的发展特点	猿
三、产品生态设计面临的新问题	猿

摇参考文献	猿苑
第二章摇产业生态设计与技术	猿怨
摇第一节摇产业生态系统的概念和产生背景	猿怨
摇摇一、工业生态系统的概念	猿怨
摇摇二、工业生态学产生的背景	源园
摇摇三、产业生态学	源源
摇第二节摇产业生态设计的理论基础	源缘
摇摇一、仿生态理论	源缘
摇摇二、资源与能源状况	缘苑
摇摇三、其他相关理论	缘怨
摇第三节摇产业生态设计的技术体系	愿苑
摇摇一、工业产品设计	愿怨
摇摇二、过程设计和运行	怨源
摇摇三、材料选择	员园园
摇摇四、能源效率	员园愿
摇摇五、产品的交付与生命结束设计	员园缘
摇第四节摇产业生态设计案例	员园园
摇摇一、企业层次	员园猿
摇摇二、生态工业园区	员园缘
摇摇三、区域生态设计	员园源
摇参考文献	员园

第三章摇生态建筑设计与技术	员猿
摇第一节摇生态建筑	员猿
摇摇一、生态建筑的内涵	员猿
摇摇二、生态建筑评价	员缘
摇摇三、我国生态建筑的发展现状及其展望	员园
摇第二节摇生态建筑设计技术	员愿
摇摇一、生态建筑设计原则	员愿

摇摇二、生态建筑设计步骤	员怨
摇摇三、生态建筑设计方法与技术	员园
摇第三节摇实例与运用	员怨
摇参考文献	员猿
第四章摇景观与环境的生态设计	员缘
摇第一节摇景观生态学及其原理	员缘
摇摇一、景观生态学	员缘
摇摇二、景观生态学的基本原理及其应用	员缘
摇第二节摇景观与环境的设计分析	员苑
摇摇一、景观的涵义	员苑
摇摇二、景观的尺度及其相关的研究内容	员苑
摇摇三、影响景观资源的因素分析	员苑
摇摇四、景观资源的特点	圆园
摇摇五、我国景观资源保护遇到的一些问题	圆员
摇第三节摇环境、景观生态规划设计	圆圆
摇摇一、美学、文化与景观设计要素（水体、道路、 建筑）	圆源
摇摇二、景观设计与管理	圆苑
摇参考文献	圆园
第五章摇生态公园与生态旅游设计	圆猿
摇第一节摇生态公园的概念	圆猿
摇摇一、生态公园的兴起与发展	圆猿
摇摇二、生态公园的内涵和特征	圆苑
摇第二节摇生态公园的设计——生态学与工艺学的结合	圆园
摇摇一、生态公园设计中存在的问题	圆员
摇摇二、生态公园设计的方法框架	圆圆
摇摇三、生态公园的构建	圆苑
摇第三节摇生态旅游	圆愿

摇摇一、生态旅游的内涵	圆怨
摇摇二、生态旅游的特点	圆园
摇摇三、我国的生态旅游开发	圆源
摇摇四、发展生态旅游的意义	圆愿
摇第四节摇生态旅游设计	圆源
摇摇一、生态旅游设计的概念性构思	圆缘
摇摇二、旅游区景观生态设计的原则	圆缘
摇摇三、旅游区景观结构及景观生态系统	圆苑
摇摇四、旅游区景观的生态设计	圆愿
摇参考文献	圆园
第六章摇公路和矿山边坡生态修复设计	圆源
摇第一节摇边坡生态防护设计	圆源
摇摇一、生物防护设计原则	圆源
摇摇二、边坡绿化设计目标	圆缘
摇摇三、实现目标的途径与方法	圆缘
摇第二节摇边坡生态防护施工工艺	圆怨
摇摇一、厚层基材喷播绿化工艺原理	圆怨
摇摇二、厚层基材施工工艺流程	圆员
摇摇三、厚层基材喷播施工后的养护管理	圆员
第七章摇屋顶、墙面和斜面基质草坪绿化生态设计	圆园
摇第一节摇屋顶草坪的绿化生态设计	圆猿
摇摇一、屋顶草坪的优点	圆猿
摇摇二、国内外屋顶草坪的科研与实践	圆缘
摇摇三、屋顶草坪的建造	圆苑
摇第二节摇垂直草坪的设计与建造	圆园
摇摇一、垂直草坪的作用与功能	圆园
摇摇二、垂直草坪的建造和养护	圆园
摇第三节摇斜面边坡草坪建造设计	圆园

摇摇一、定义	圆园
摇摇二、边坡草坪的作用	圆猿
摇摇三、坡面草坪的设计	圆猿
摇摇四、坡面草坪的施工	圆源
摇摇五、坡面草坪常用植物名录	圆员
摇参考文献	圆缘

第八章摇废弃物处理的生态化技术	圆苑
摇第一节摇固体废物的来源与分类	圆苑
摇摇一、固体废物的来源	圆苑
摇摇二、固体废物的分类	圆愿
摇第二节摇固体废物处理与处置技术	猿园
摇摇一、控制固体废物污染的技术政策	猿园
摇摇二、固体废物处置与利用技术	猿圆
摇第三节摇典型固体废物的资源化利用技术	猿圆
摇摇一、城市垃圾的资源化利用技术	猿猿
摇摇二、煤系固体废物的处理与利用	猿源
摇摇三、冶金废渣的资源化利用技术	猿远
摇摇四、化工固体废物的处理和利用	猿苑
摇摇五、石油工业固体废物的资源化利用技术	猿愿
摇摇六、农村废弃物的生态资源化技术	猿怨
摇参考文献	猿源

第九章摇复合系统的生态设计	猿苑
摇第一节摇复合系统的含义	猿苑
摇摇一、一般系统的概念	猿苑
摇摇二、复合系统	猿愿
摇摇三、复合系统的特点	猿怨
摇摇四、复合系统的结构	猿园
摇第二节摇复合系统的设计导论	猿圆

摇摇一、复合系统的协调机理	猿员
摇摇二、复合系统的设计原则	猿猿
摇摇三、复合系统的设计方法	猿源
摇摇四、复合系统的设计类型	猿远
摇第三节摇复合系统设计的技术流程	猿愿
摇摇一、复合系统设计的一般过程	猿愿
摇摇二、农林复合系统的设计流程	猿园
摇摇三、城市人居环境的设计流程	猿员
摇参考文献	猿猿
第十章摇生态设计实例分析与实践	猿源
摇第一节摇城市园林生态设计	猿源
摇摇一、城市生态园林理论	猿源
摇摇二、城市园林生态设计的原则	猿缘
摇摇三、玉溪市城市园林生态设计	猿远
摇第二节摇景观生态规划与设计	猿愿
摇摇一、景观生态规划与设计的内容	猿怨
摇摇二、景观生态规划与设计的原则	猿怨
摇摇三、景观生态规划与设计的案例研究	猿圆
摇第三节摇生态农业设计	猿苑
摇摇一、生态农业设计的概念	猿愿
摇摇二、生态农业设计的原则	猿愿
摇摇三、生态农业设计的内容	猿怨
摇摇四、生态农业设计的主要类型	猿园
摇摇五、不同层次的生态农业设计	猿圆
摇第四节摇区域综合生态设计	猿缘
摇摇一、区域综合生态设计的原则	猿远
摇摇二、区域城乡空间生态设计	猿远
摇摇三、区域城镇群生态规划设计	猿怨
摇参考文献	猿员

第一章

生态设计的原理与方法

第一节 生态设计的起源与发展

一、生态设计的概念

生态设计（Eco-design）一词来源于如何对自然的物质与功能进行合理的利用、循环并用于社会经济的发展，从而满足人们的生产与生活、社区与区域可持续发展的各种需要。生态设计的概念产生之前，一般地表述为环境保护、环境修复、环境净化等。

1992年12月在日本东京召开了生态设计国际会议“Eco-design 92”，并通过了相关的宣言。生态设计涉及广泛，所有的东西都应该成为生态设计的对象。产业的绿色化、经济的绿色化、立法的绿色化、行政的绿色化、财政的绿色化等都属于生态设计的范畴。生态设计的概念最早是由荷兰公共机关和联合国环境计划署（UNEP）最先提出的，类似的术语还包括环境设计（Eco-design）、生命周期设计（Life Cycle Design, LCA）等。

联合国环境署工业与环境中心在1992年的出版物《生态设计：一种有希望的途径》中，将生态设计描述为一种概念，其中“环境”有助于界定产品生态设计决策的方向。换言之，产品的环境影响变成产品设计开发中需要加以仔细考虑的重要组成部分。在这种生态设计过程中，环境处于同传统的工业工程、利润、功能、形象和总体质量等相同的地位，在一些情况下，环境甚至能够提高传

统商业价值。工业（产业）生态设计作为一种新的设计概念，以产品环境特性为目标，以生命周期评价为工具，综合考虑产品整个生命周期相关的生态环境问题，设计出对环境友好的、又能满足人的需要的新产品。

在联合国环境署的生态设计手册中，生态设计意味着在开发产品时需要综合生态要求和经济要求，考虑产品开发过程所有阶段的环境问题，致力于那些在整个产品寿命周期内产生最少可能对环境产生不良影响的产品。因此，生态设计应当形成可持续的产品寿命周期以及生产与消费体系。为使这种途径具有可操作性，该手册特别注重对现有产品（生态）再设计所用的方法，并给出其国际实例。这些实用办法，一般来说，是使世界各地的公司、设计师和咨询人员逐渐熟悉实际生态设计的适当方式。然而，目前在革新性工业中，生态设计概念也正在使其内容超越再设计范围。

生态设计从目前的国内外的理念来讲，就是一种在现代科学与社会文化环境下，运用生态学原理和生态技术，实现社会物质生产和社会生活的生态化。借助科学与现代技术，结合文化的传统，摒弃传统产业与生产、消费过程中的不完善之处，学习自然界的智慧，创造新的技术形式利用新型能源，进行无废料的生产与生态化的消费，从而实现人与自然的和谐与共赢。

二、生态设计的发展

当今世界环境恶化，生态问题严重，它深刻地影响了人类社会、经济、生活的各个层面。杂登灾社崇刚硬社和杂登朝说增社（员332）认为：任何与生态过程相协调，尽量使其对环境的破坏影响达到最小的设计形式都称为生态设计，这种协调意味着设计尊重物种多样性，减少对资源的掠夺，保持营养和水循环，维持环境质量，以改善人居环境及生态系统的健康。生态设计为我们提供一个统一的框架，帮助我们重新审视对产品、生产过程、景观、城市、建筑的设计以及人们的日常生活方式和行为。简单地说，生态设计是对自然过程的有效适应及结合，它需要对设计途径给环境带来的冲击进行全面的衡量。

运用生态设计的方法手段理念，首先要建立生态意识和确立自然生态观。自然生态观是基于人与自然协同进化的认识，既包括了人与自然的相互作用、人类合理地利用自然的观念，也包括人与自然的相互依存并与自然成为一个整体的概念。人与自然的本质是人应该适应自然，而且应发挥主观能动性，充分认识自然规律，利用自然规律创造适于人类生存的环境。

生态设计是人们寻求产品生产过程的可持续发展，寻求用生态学的方法解决环境与生态问题的结果。生态设计的产生同其他科学发展一样，需经过试验、社会承认与社会需要等阶段，而最为重要的是需要得到设计师、工程师的承认和实际应用，即需要在观念上树立生态意识。生态设计在产品开发阶段需要综合考虑与产品相关的生态环境问题，设计出对环境友好的又能满足人类需求的一种新产品设计方法，就是目前所称之为的产品生态设计。它使得传统的产品设计从“以人为本”的产品设计转向既考虑人的需求，又考虑生态系统安全。从产品的概念开发阶段就引进生态变量，并与传统的产品生产加工的因素如：成本、质量、技术可行性、经济有效性等进行综合考虑，在产品设计中将产品的生态环境特性看作是提高产品市场竞争力的一个重要因素。

例如，以自然生态观为基础建立的生态建筑学是研究人类栖息的建筑以及建筑所处的环境（生物及景观、气候、水文、大气、土地、水体等物理环境）的演变过程及其对人类的影响，以及人类活动对生态系统乃至生物圈的影响。尊重自然的建筑生态设计，就是一种具有环境意识的设计，将建筑融于自然，使其与自然有机结合，保持地方和区域的生态环境特色，保持自然环境要素不被破坏。设计结合自然的观点应该说更符合中国古代“天人合一”的自然观，这种自然观认为人与自然、建筑与自然应取得一种和谐的关系。在建筑实践中，是以中国的风水理论为代表的。风水理论对选址模式的论述，其实质是审慎周密地考察自然环境，顺应自然，有节制地利用和改造自然，创造良好的居住环境，这种环境观，是我们今天认识自然的基础。西方现代工业的发展推动了人类文明的

发展，因而人们看到了改造自然的力量，而西方一些建筑师认为建筑物与自然景观的结合，应表现出建筑与自然所形成的反差才是完美。

尊重自然的生态设计就是提高和保护自然环境质量，提高自然资源的利用率，维持地球生物多样性，保护自然植被、原生土壤、野生动物，最大限度地增加城市自然环境容量；最大限度地尊重文化和历史，注重地方的考古、历史和人文主义。因此，在建筑设计首先应该考虑建筑所处的环境容量。自然环境容纳建筑的容量是有限度的，如果超过它的阈值，其内部的生态系统受到较大的扰动以至失去平衡，环境质量就会下降。城市中人文景观所构成的空间大大多于自然景观空间，人们为了保持城市的活力，为获得自然环境下的生存质量，一种方法是增加自然生态要素，另一种是以输入大量的能量换取人工自然。用限制城市建筑容量、增加自然空间的办法改善城市环境的方法是最有效而直接的。近年来国内一些城市已开始注重增加生态空间，疏通河道，加强绿化，城市环境已得到明显改善。

第二节 生态设计的原理与方法

生态设计是一种与自然相作用和相协调的方式，其涉及的范围非常广：建筑师对房屋设计及材料选择的考虑；水利工程师对洪水的重新认识与控制利用途径；工业产品设计者对有害物的节制使用；工业流程设计者对节能和减少废弃物的考虑以及农业生产者对于种植养殖对象的合理空间、时间结构的设计利用等，都属于生态设计的范畴。由于生态设计的多样性及方法同环境紧密结合联系在一起，国际上生态设计和国内关于生态设计及生态规划的相关原理，都结合了环境学、生态学及工程学的一些原理，并在此基础上进行发展演化。目前就有关的生态设计实践中及设计系统所应用的事例，阐述生态设计的几条基本原理。

一、尊重自然、整体优先的设计原则

建立正确的人与自然的关系，尊重自然、保护自然，尽量小地

对原始自然环境进行变动。局部利益必须服从整体利益，短期利益必须服从长远的、持续性的利益。

二、同环境协调，充分利用自然资源的生态设计原理

地球上的自然资源有再生资源（如水、森林、动物等）和不可再生资源（如石油、煤等）。要实现人类生存环境的可持续，必须对不可再生资源合理、节约地使用。即使是再生资源，其再生能力也是有限的。对能源的高效利用和对资源的充分利用和循环使用，减少各种资源的消耗是生态设计的基本出发点，因此提倡 3R 原则：即减量使用（Reduce）、重复使用（Reuse）、回收（Recycle）和循环使用（Circular Use）。因此，对于自然生态系统的物流和能流，为了维持系统的合理循环和功能完善，在生产与生活的过程中，生态设计要求作到：

1. 减量使用（Reduce）

设计中合理地利用自然资源如光、风、水等，尽可能减少包括能源、土地、水、生物资源的使用，或者提高使用效率。新技术的采用往往可以数倍地减少能源和资源的消耗，即使基于已有的技术，有学者认为人类可以用比现在少一倍的能源和资源消耗而获得比现在高一倍的效益。相似的观点认为，在全世界范围，只有将资源消耗量减少 50%，而发达国家减少 20%，可持续目标才有可能实现。

2. 重复使用（Reuse）

利用废弃的土地，原材料，包括植被、土壤、砖石等服务于新系统，可以大大节约资源和能源。如，在城市更新过程中，关闭和废弃的工厂可以在生态恢复后成为市民的休闲地，在发达国家的城市景观设计中，这已成为一个新的潮流。

3. 资源循环使用（Circular Use）

在自然系统中，物质和能量流动是一个由“源—消费中心—汇”构成的、头尾相接的闭合循环流，因此，大自然没有废物。而在现代城市生态系统中，这一流动是单向的。因此在人们消费和生产的同时间，产生了垃圾和废物，造成了对水、大气和土壤的污染。

工业的生态设计要求工业生产流程的闭合性

一个闭合的生产流程线可以实现两个生态目标，一是将废物变成资源，取代对自然材料的需求；二是避免将废物转化为污染物。基于这一概念，**威廉·麦唐纳**等人（**William McDonough**）提出了再生设计理论（**Regenerative Design**），即用“源-汇-源”循环系统取代目前的线性流，形成一个再生系统（**Regenerative System**）。使前一流程中的汇，变成下一流程中的源。

景观设计要保护不可再生资源

作为自然遗产，不在万不得已，不予以使用。在东西方文化中，都有保护资源的优秀传统值得借鉴，它们往往以宗教戒律和图腾的形式来实现特殊资源的保护（**俞孔坚** **俞孔坚**）。在大规模的城市发展过程中，特殊自然景观元素或生态系统的保护尤显重要，如城区和城郊湿地的保护，自然水系和山林的保护。在城市景观生态设计中具有极其重要的地位。

三、发挥自然的生态调节功能与机制设计原理

自然生态系统为维持包括人类生存和其他生物的生长，满足生命活动需要而提供各种条件和过程，这就是所谓的生态系统的服务（**表 1-1**）。这些服务内容包括：空气和水的净化；减缓洪灾和旱灾的危害；废弃物的降解和脱毒；土壤和土壤肥力的创造和再生；作物和自然植被的授粉传媒；大部分潜在农业虫害的控制；种子的扩散和养分的输送；生物多样性的维持；保护人类不受紫外线的伤害；局部调节气候；缓和极端气温、空气对流及海浪；维护文化的多样性；提供美感和智慧启迪，以提升人文精神。

自然生态系统提供给人类的服务是全方位的。生态设计原理强调人与自然过程的共生和合作关系，通过与生命所遵循的过程和格局的合作，我们可以显著减少设计的生态影响。自然界健康的生态系统，都有一个完整的食物链和营养级。在城市绿地的维护管理中，变废物为营养，如返还枝叶、返还地表水补充地下水、农田生产中的秸秆还田等都是最直接的生态设计应用。

表 1-1 生态系统的服务功能

对自然系统	对社会系统
保护性	
摇通过吸收和疏导、散热、降雨以及风来保护土壤 摇通过减缓风速来保持温度和二氧化碳 摇为植物和动物提供必要的保护条件 摇	摇为农作物提供防干旱、防风防寒及防辐射的屏障 摇保护土壤和水 摇保护人类免受各种伤害(噪声、强光、气味、烟雾)
调节性	
摇吸收、储存和释放二氧化碳、氧以及矿物元素 摇吸收悬浮微粒和声音 摇吸收、储存和释放水分 摇吸收和转换辐射能和热功	摇改善居住区和疗养区的空气条件 摇 摇改善居住区的气温状态(路旁树木、公园) 摇提高生活小区的价值和风景质量 摇
生产性	
摇以可利用的形式有效地储存植物物质物质中的能 摇自动调节和更新木材、树皮、水果及树叶的生产 摇生产多种多样的化合物,例如树脂、生物碱、香精油、树乳、药物等	摇供给多种多样的原料以满足人类日益增长的需要 摇提供就业 摇 摇创造财富 摇

自然生态系统是一个具有自组织和自我设计能力的动态平衡系统。热力学第二定律告诉我们,一个系统向外界开放,吸收能量、物质和信息时,就会不断进化,从低级走向高级。进化论的倡导者赫胥黎就曾描述过,一个花园当无人照料时,便会有当地的杂草侵入,最终将人工栽培的园艺花卉淘汰。生态学理论告诉我们,整个地球都是在一种自然的、自我的设计中生存和延续的。一个水塘,如果不是人工将其用水泥护衬或以化学物质维护,便会在其中生长出各种水藻、杂草和昆虫,并最终演化为一个物种丰富的水生生物群落。自然系统的丰富性和复杂性远远超出人的设计能力。与其如此,我们不如开启自然的自组织或自我设计过程。自然的自设计能力,导致了一个新的领域的出现,即生态工程(生态工程是指应用生态学原理,通过人工干预,使生态系统达到一种新的、更高层次的平衡状态的过程)。传统工程是用新的结构和过程来取代自然,而生态工程