

生态工程设计

恢复和保护生态系统服务



【美】Marty D. Matlock 著
Robert A. Morgan
吴巍译



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

生态工程设计

恢复和保护生态系统服务

【美】 Marty D. Matlock 著
Robert A. Morgan
吴 巍 译

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

Ecological Engineering Design: Restoring and Conserving Ecosystem Services

978-0-470-34514-6

Marty D. Matlock, Robert A. Morgan
Copyright © 2011 John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license.

本书中文简体版专有出版权由John Wiley & Sons, Inc.授予电子工业出版社。未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字：01-2012-2477

图书在版编目 (CIP) 数据

生态工程设计：恢复和保护生态系统服务 / (美) 马特洛克 (Matlock, M.D.), (美) 摩根 (Morgan, R.A.) 著; 吴巍译.

— 北京: 电子工业出版社, 2013.5

书名原文: Ecological Engineering Design: Restoring and Conserving Ecosystem Services

ISBN 978-7-121-20072-4

I. ①生… II. ①马… ②摩… ③吴… III. ①生态工程—设计 IV. ①X171.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第062800号

策划编辑: 胡先福

责任编辑: 胡先福

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 20.5 字数: 389千字

印 次: 2013年5月第1次印刷

定 价: 76.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

目 录

第1章 可持续的人类主宰生态系统 / 1

简 介 / 1

生态工程的原理 / 2

可持续性设计原则 / 3

全球人口动态——强制函数 / 4

全球生育率轨迹 / 5

改变全球人口统计数据 / 6

人类主宰的地球 / 8

对生态系统服务需求的不断增加 / 8

通过都市化体现的人类影响 / 9

土地使用变化 / 10

农业生产 / 12

水资源需求 / 13

从第一次绿色革命中吸取的教训 / 15

本书的结构 / 17

参考文献 / 18

第2章 生态系统服务 / 22

简 介 / 22

生态系统服务的起源 / 22

生态系统服务的价值 / 24

生态系统服务的分类 / 25

千年生态系统评估 / 28

为什么生物多样性很重要 / 35

生态系统服务, 土地使用, 生物多样性 / 37

扩展阅读 / 39

参考文献 / 39

第3章 设计生态系统服务 / 42

设计的挑战和需求 / 42

目前设计方法的不足之处 / 43

生态系统服务的设计伦理 / 46

合法性和设计过程 / 48

设计过程 / 50

综合 / 53

生态技术设计团队 / 54

定义合适的管理结构 / 55

分析和审议 / 55

筹划生态系统服务进程 / 56

定义优先权 / 58

设定设计目标 / 59

执行设计目标 / 60

评估生态系统服务设计 / 60

扩展阅读 / 61

参考文献 / 62

第4章 定义场地：生物群区和生态区域 / 63

简介 / 63

生物地理分布区 / 63

生物群区 / 65

生态区域 / 70

贝利的生态区域 / 71

奥莫尼克的生态区域 / 71

奥尔森的生态区域 / 72

其他陆地分类系统 / 75

气候改变和生态区域 / 77

土地使用变化和生态区域 / 78

参考文献 / 80

第5章 定义场地：流域 / 82

简介 / 82

- 流域服务 / 83
- 流域特征：物理描述 / 83
- 流域水文特征 / 90
- 流域水质特征 / 97
- 流域的人为影响 / 98
- 流域特征总结 / 100

扩展阅读 / 101

参考文献 / 101

第6章 定义场地：场所 / 103

简介 / 103

物理特征描述 / 103

水文特征描述 / 104

生物特征描述 / 115

气候特征描述 / 120

总结 / 121

扩展阅读 / 123

参考文献 / 123

第7章 定义场地：土壤作为活的有机体 / 126

简介 / 126

形态学 / 127

土壤物理学 / 131

土壤肥力 / 135

土壤生态学 / 136

总结 / 138

扩展阅读 / 139

参考文献 / 139

第8章 生态学基本原理的设计 / 141

简介 / 141

生态学基本原理 / 144

组织和命名 / 145

适应过程 / 145

对环境变化的反应 / 148

地貌和生态系统功能 / 149

斑块、廊道和连通性 / 150

交错群落和边际效应 / 151

地貌度量 / 154

扩展阅读 / 155

参考文献 / 155

第9章 生态系统所衍生的能量和质量流 / 157

简介 / 157

生态系统的能量流 / 159

生物圈的能量平衡 / 159

单元能值分析 / 163

营养级 / 164

能量密度 / 164

初级生产量 / 165

设计营养级 / 167

生态系统物质流 / 169

水文循环 / 169

碳循环 / 172

氮循环 / 173

磷循环 / 176

参考文献 / 177

第10章 设计群落结构 / 181

简介 / 181

分级过程 / 181

恢复设计的种类 / 182

种间关系 / 183

群落交互作用 / 184

竞争 / 185

消耗 / 185

- 共 栖 / 186
- 关联种群 / 186**
 - 物种—区域关系 / 187
 - 最小的可行种群 / 187
 - 最小的可行关联种群 / 188
- 区域过程 / 189**
 - 物种池 / 190
 - 传 播 / 190
 - 定殖序列 / 191
 - 分 散 / 191
- 环境和栖居地影响 / 192**
 - 非生物过滤 / 192
 - 干扰机制 / 192
 - 栖息地异质性 / 193
- 参考文献 / 194**

第11章 生态系统控制和系统反馈 / 196

- 简 介 / 196
- 人口控制过程 / 198**
 - 繁衍战略 / 198
 - 存 活 / 199
 - 增长率 / 200
- 群落控制过程 / 202**
 - 植物和营养 / 202
 - 资源和竞争 / 204
- 反馈过程 / 205**
 - 大气层的反馈环路 / 205
 - 土壤反馈环 / 207
 - 消耗者反馈环 / 208
- 设计生态系统的复杂性 / 210**
 - 自我管理 / 211
- 参考文献 / 214**

第12章 河流恢复设计 / 216

简介 / 216

评估 / 217

水文学 / 221

沉积学 / 227

地貌学 / 229

栖息地 / 231

关联性 / 233

河岸廊道 / 235

构造 / 236

总结 / 236

扩展阅读 / 237

参考文献 / 237

第13章 根据地形设计生态系统服务 / 239

简介 / 239

生态系统设计过程 / 239

农业土地 / 240

森林 / 244

草原 / 246

湿地 / 251

城市区域 / 253

参考文献 / 258

第14章 绿色基础设施设计 / 260

简介 / 260

绿化基础设施网络 / 261

绿化基础设施计划 / 263

绿化基础设施工具 / 265

尺度事项 / 268

可持续发展的城市首创精神 / 268

联合国世界城市论坛 / 268

ICLEI：可持续性的地方政府 / 271

总 结 / 273
扩展阅读 / 273
参考文献 / 274

第15章 低影响开发 / 275

简 介 / 275
水 文 / 277
起 步 / 279
使开发前CN的变化最小 / 280
维持或增加 t_c / 281
集成管理实践 / 283
 生物滞留 / 283
 枯 井 / 284
 水桶和水池 / 284
 植草的或长草的洼地 / 285
 入渗沟 / 285
 树盒过滤 / 286
 植草的或绿色的屋顶 / 286
 过滤带 / 286
 雨水花园 / 287
 水质量 / 287
 最小化 / 288
 自然过滤 / 288
 构造过滤 / 288
 蒸 发 / 289
污染防护 / 289
水文分析 / 289
庇护所 / 293
生态系统的系统服务评估/设计 / 294
 第一步：定义工程的宗旨和目标 / 294
 第二步：执行场所评估和分析 / 294
 第三步：发展LID控制战略 / 295
 第四步：设计LID场所或总体规划 / 296
 第五步：发展运行和维护程序 / 296

总 结 / 297

扩展阅读 / 298

参考文献 / 298

第16章 农业和工业的生态系统服务设计/299

简 介 / 299

农业可持续性指针 / 300

可持续性指针总结 / 301

土地环境指针 / 301

水环境指针 / 303

栖息地环境指针 / 304

社会文化指针 / 305

经济指针 / 306

田野尺度指针 / 308

工业可持续性度量 / 310

第一步：范围选择 / 310

第二步：识别优先生态系统服务 / 311

第三步：分析优先生态系统服务的趋势 / 314

第四步：识别商业风险和机会 / 315

第五步：制定策略以管理风险和机会 / 315

参考文献 / 317

第 1 章

可持续的人类主宰生态系统

当一个事物保持其生物群落的完整、稳定和美丽时，它往往是正确的；
而当它趋于其他时，则是错误的。

——奥尔多·利奥波特

简介

生态工程的定义是，用自然环境来设计人类社会，以使二者都能得益（米奇和乔根森，2004）。H·T·奥德姆将生态工程的实践描述为一种将人类设计和环境自我设计相结合的管理，且二者由此得到共生（奥德姆，1988）。生态工程作为一门学科诞生于20世纪，但是它以一个领先的设计学科的姿态出现在21世纪。生态工程的基本原理是建立在H·T·奥德姆提出的生态环境定量系统概念之上的。威廉姆·米奇发展了生态工程应用学，该理论第一次得到大范围的实践，并使用湿地处理废弃物（米奇，2004）。奥德姆的生态工程概念在广度上覆盖了整个生物圈，在深度上细化到了能进行光合作用的细胞（肯加斯，2002）。然而，如此宽广的应用范围带来了一种危险，那就是任何事物都可以定义为生态工程。从本书的目的出发，我们将生态工程定义为设计系统的过程，这些设计系统能够保存、恢复和建立生态系统服务。更简洁地说，那就是生态工程师设计生态服务，即人类从生态系统中提取的产品和服务。本书的目的在于为广大生态工程设计从业人员展示一个框架。

这个框架建立在生态科学和设计实践的基础之上，它天生就跨越了多个学科。很少有从业者能够完全掌握独立从事一个生态工程设计项目需要的知识。生态工程和生态设计之间的区别是很重要的。生态工程是一种设计过程，由工程师

来操作，他们按照相关的法律法规来管理工程的实施（在美国，由州立的专业工程委员会建立）。

生态设计是由多个专业的从业者来完成的，包括恢复生态学家、环境科学家、景观设计师，以及其他受过专业训练和在生态、设计过程中有丰富经验的从业者。生态设计和生态科学之间一个更重要的区别是：生态学家调查生态系统过程，一般不会设计生态系统服务；他们使用假想的还原方法（科学方法）来描述生态系统的功能、结构或过程的某些方面。这些知识的主体启发了生态设计。但是设计过程本身是一种实践，它与科学方法不同；除了调查方法以外，它还需要指导和专业知识。设计方法在第3章会有描述。

生态工程的原理

有一种观点认为人类可以设计出像生态系统那样不可思议的过程，因此他们站在一个很自傲的高度来描述；他们觉得生态系统过于复杂，而我们的知识太不完整。在房地产中，每一次我们启动一台推土机或拖拉机时都设计了生态系统，同样，每一次我们改变土地用途或水流时也设计了生态系统。我们只是设计得很不明确，当然由此带来的后果也是显而易见的。我们应该怀着深深的谦逊和对未知事物的尊重来设计生态系统服务。为了确保这一理念体现在生态设计的实践中，我们提出以下3条生态工程的原理：

1. 一切都有联系。
2. 一切都在发生变化。
3. 我们都在其中。

前两条原理是H·T·奥德姆（1988）描述生态系统的基本原则，同时也是生态工程的基础。它们对理解、构思解决方案以应对发展可持续设计策略面临的挑战起着关键作用。整个生物圈的生物过程和非生物过程是相互关联的，这一点已经

在城市土地使用对生态系统功能几乎所有方面的影响上得到了证明，从气候到水文和生物多样性。一切都在变化，而且变化的速度在增加。在所有因素中，全球气候变化、土地使用和人口等因素的变化正在推动生物圈中的变化。第三条原理，体现在切罗基文化理想的“gadugi”，大致可译为“我们都在其中”，是连接生态系统理论与可持续性的规范要求。这也是生态工程伦理的本质精神（见第3章）。

可持续性设计原则

可持续性是一个很难界定的概念。就本书而言，“可持续的繁荣”这个词汇从更多意义上来说是在精确地瞄准生态设计的目标，世界环境发展委员会（简称WCED）将可持续发展定义为“能满足目前需求又不损害后代满足他们自己需求的能力的发展”（WCED，1987）。如果超出了这个总体框架，可持续性的伦理是很难界定的。库罗（1997）确定的可持续发展原则包括以下7个要素：

1. 在一个开放和透明的过程中倾听所有人的声音。
2. 尊重后代的权利。
3. 重新界定人类及其赖以生存的生态系统之间的关系。
4. 在科学的基础上理解生态系统服务的界限。
5. 理解整个生产供应链（生成产品的所有步骤）和跨空间尺度活动的相互关联影响。
6. 加强在社区层面的自给能力。
7. 以务实的态度来实施操作，以便检验、修改并适应不断变化的条件。

虽然这些原则是很理想化的，但是可以用来指导在全球经济范围内可持续发展具体目标的制定。我们可以制定生态工程的可持续发展目标，以应对这些可持续发展的原则（见第3章中生态工程设计的伦理）。

全球人口动态——强制函数

2008年，全球人口已经达到68亿。到2050年，全球人口很有可能接近92.5亿（联合国，2009）。地球在未来40年里增加的人口数将超过它在1950年所拥有的总人口数。换句话说，在未来40年内，我们将要把1950年左右的地球人口加到目前的人口之上。这些曲线是用估算的中等出生率和死亡率，在按照国家中等人口增长率估计的基础上绘制出来的（图1-1）。对于生态工程师来说，他们的挑战就是设计一个能支持92.5亿人口的大体可以保持繁荣的可持续的地球，并能较好地保存生物多样性、生态系统完整性和自然资源。如果全球生育率持续下降，那么人类有可能在21世纪中叶迎来人口的零增长，从而创造一个前所未有的修复和优化全球性生态系统服务的机会（图1-2）。这是值得我们重新阐述的：未来40年内，人类历史上将第一次出现人口规模不再扩张的情况。像所有的迅速变化率一样，人口增长迅速的变化率同样将带来巨大的经济和社会挑战。生态工程设计将为下一代所面临的复杂问题和机会提供关键性的应对措施。这些就像将城市区域转化为森林和农田（非发展中）、在淹没的城市景观中设计河口渔业、为老龄化人口创造能支付和繁荣的社区一样，是可以预见的，同时也会跟想象所允许的那样不可预见。

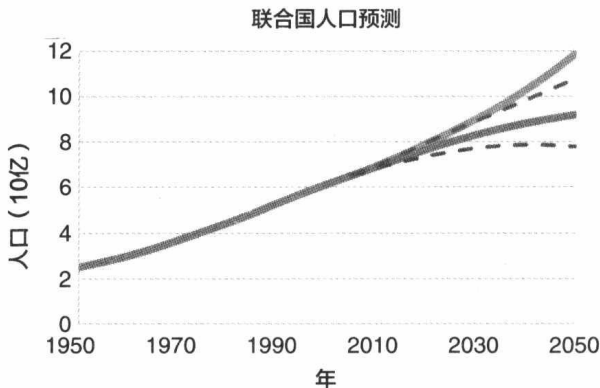


图1-1 联合国2050年全球人口增长的估计。红线（上）代表从2005年起生育率没有减少。绿线（下）代表生育率的中值预测，由最低估值和最高估值（虚线）限定。

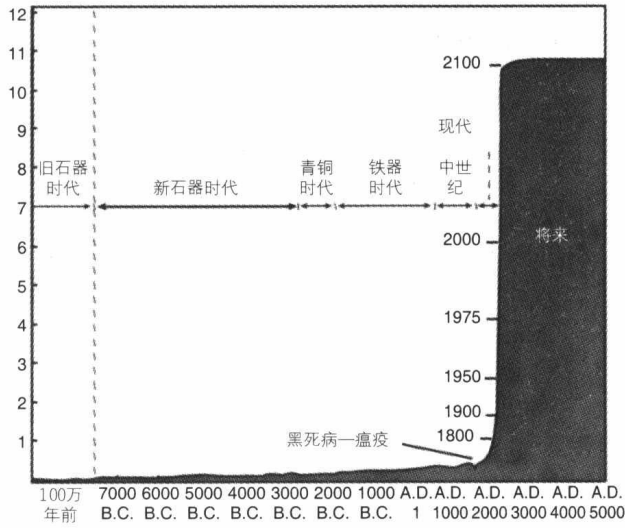


图1-2 历史上的人口变化情况。（来源：人口资料局；联合国，到2100年的世界人口预测 [1998]。）

全球生育率轨迹

全球生育率在过去十年已经开始下降（联合国，2009）。1970—1975年间的全球生育率（简称WFR）为每个妇女平均生育4.5个孩子，最不发达的国家高达6.6，欠发达国家为5.2，而较发达地区为2.1。2000—2005年间，WFR是2.6，最不发达的国家为5.0，欠发达国家为2.6，而较发达国家为1.6。到2045—2050年，WFR将有望下降更多，最不发达的地区减至2.4，欠发达国家减至2.1（联合国，2009）。改变生育率的结果是预计到2050年人口增长率将减少（图1-3）。

这些生育率减少是全世界处于赤贫状态中的人口数量迅速减少的直接结果，主要是由最不发达国家增加的农业生产带来的。慢性的营养不良在过去40年中快速下降（图1-4），富裕的增多带来了全球生育率的迅速减少（图1-5）。如果生育率没有减少，那么按目前的生育率，全球人口数量在2050年将上升到120亿，其中98亿在欠发达地区（图1-1，联合国，2009）。当生育率逼近替换率（约2.1，主要取决于儿童死亡率）的时候，所有3个类别地区（最不发达、欠发达和较发达）的生育减少率有望降低。

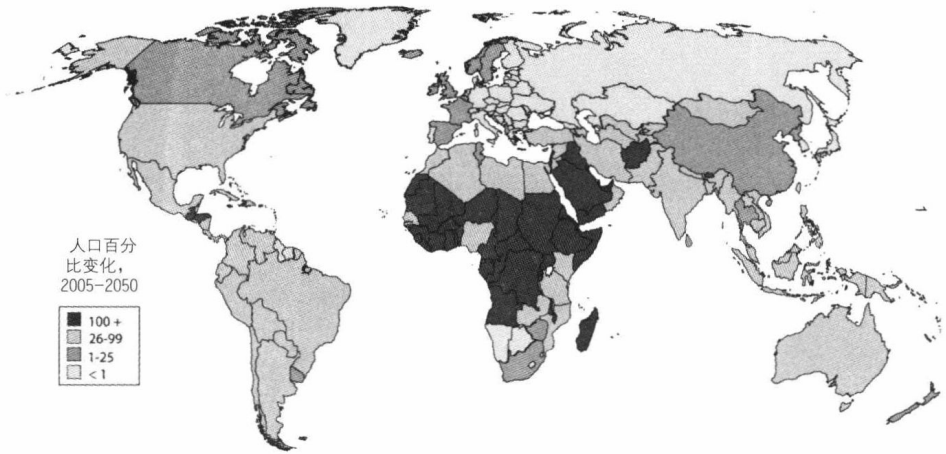


图1-3 人口百分比变化, 预测从2005年到2050年。(来源: 人口资料局, 2005年世界人口数据表。)

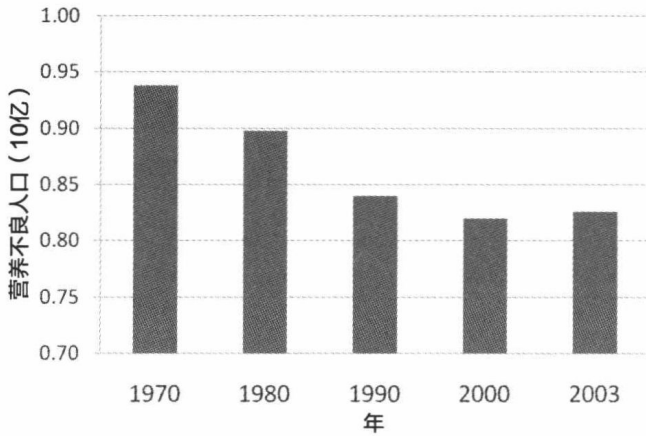


图1-4 长期营养不良人口总数和比例。(来源: 联合国人口数据中心。)

改变全球人口统计数据

下降的生育率意味着人类人口的中间年龄将延长。2009年人类人口的中间年龄是28岁。这个数字在未来40年将很有可能达到38岁(联合国, 2009)。欠发达地区的人口都很年轻, 在很大程度上是由于艾滋病毒/艾滋病(联合国, 2009)的破坏性影响。欠发达国家近50%的人口年龄都在24岁以下, 约30%的人口年龄