

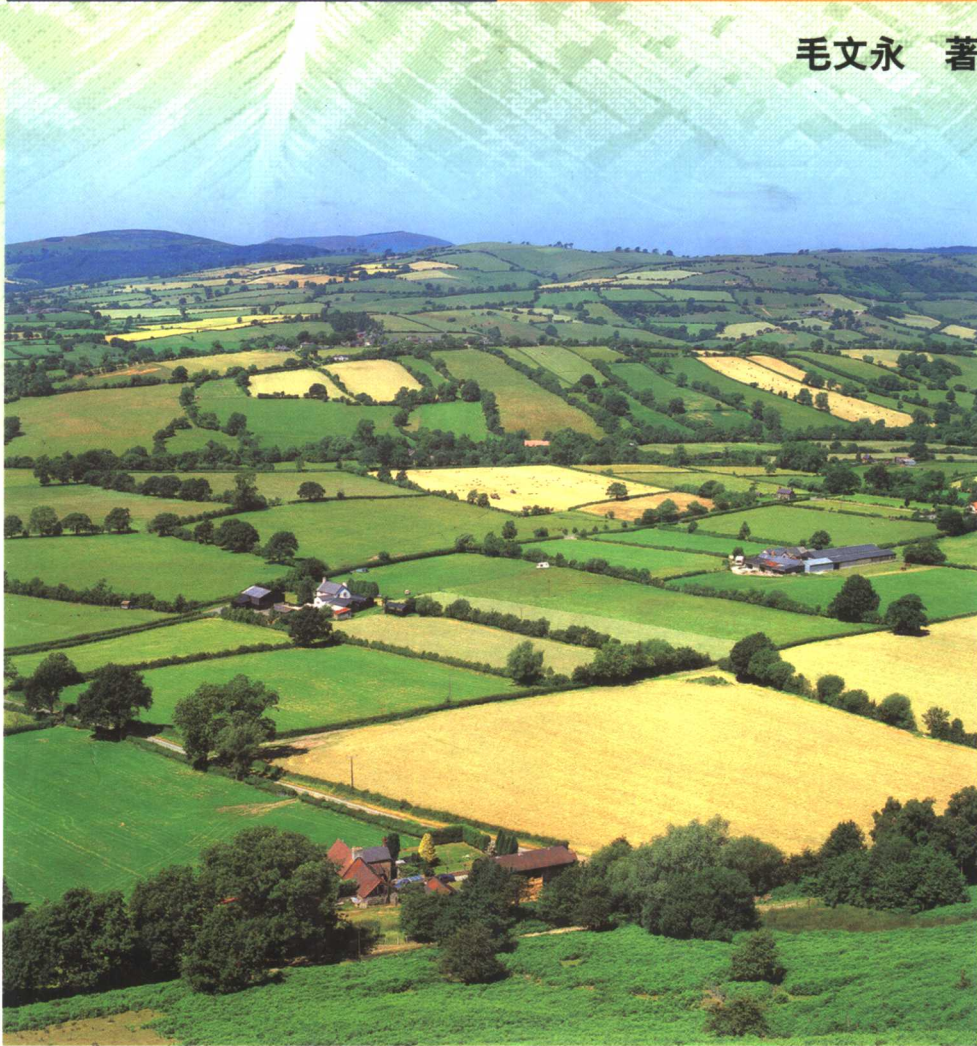
生态环境影响

评价概论

修订版

SHENGTAI HUANJING YINXIANG PINGJIA GAILUN

毛文永 著



中国环境科学出版社

生态环境影响评价概论

(修订版)

毛文永 著

中国环境科学出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

生态环境影响评价概论/毛文永著. —修订本. —北京: 中国环境科学出版社, 2003

ISBN 7-80163-530-2

I. 生… II. 毛… III. 环境生态评价 IV. X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 016700 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京联华印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2003 年 6 月 第 1 版 开本 787×1092 1/16
2003 年 6 月 第 1 次印刷 印张 26.25
印数 1—4000 字数 620 千字

定价: 78.00 元



作者简介

毛文永，男，1942年生，内蒙古自治区固阳县人。北京工业学院化工系毕业，大学学历。先后从事过军工科研、环境化学分析和软科学研究工作。有多项科研成果获中国科学院和原国家科委奖励，为国务院颁证的享受政府特殊津贴的对自然科学有突出贡献的科学家。曾参与《国家环境保护“八五”计划和十年规划》和《中国环境保护行动计划》编制，《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》主要执笔人。出版《环境污染与致癌》、《环境·生活·健康》、《改善生态环境》、《中国可持续发展战略》、《全球环境问题与对策》、《生态环境影响评价概论》等著作。现任国家环境保护总局环境工程评估中心总工，研究员。



内 容 简 介

本书按“以人为本”建立生态环境概念，以生态环境功能论为理论基础，系统地阐述了生态环境保护的科学原理和生态环境影响评价的基本概念、思路和原则，讨论了建设项目生态环境影响评价的基本技术和要点，指出生态环境影响的区域性特征和管理的过程特点，介绍了生态环境影响评价的一般方法。本书可供从事环境规划和环境评价的科技工作者、管理干部和科研、教学人员及专业培训参考使用，亦适合大专院校师生阅读。

前 言

良好的生态环境是人类生存的基础，也是人类可持续发展所依赖的基本条件。过去一个世纪，人们在创造了高度发达的物质文明的同时，也创造了那么多沙漠、荒山、断流的河流和污染的城市，使那么多生物从我们的身边消失，甚至从地球上永久地灭绝了。一个世纪的环境变迁竟如此之大，以至在临近世纪更替之际提出了人类能否在地球上持续生存和发展这样一个严肃的问题。迄今的探索研究表明，在浩瀚的宇宙中，能为人类提供生存条件的只有地球，也就是说，人类只拥有一个地球，因而保护地球环境是人类可持续生存和发展的唯一途径。

有鉴于此，在建设项目和其他一切开发地球资源，改变地球环境的活动中，进行生态环境的影响评价和保护地球生态环境，不仅是重要的，必要的，而且是每个地球公民应尽的义务和不可推卸的责任。为适应建设项目生态环境影响评价的需要，作者于1998年尝试出版了《生态环境影响评价概论》一书。作为应景之作，受到同行们的垂青和鼓励，环境科学出版社也计划再版此书。受此鼓舞，在出版之前对原书进行了修订。但面对生态环境这样一个无比复杂的巨系统，面对生态环境影响评价这样一项包罗万象的科学技术工作，本书依然只能是个《概论》。与1998年出版的《生态环境影响评价概论》相比，修订版的《生态环境影响评价概论》有如下“进步”：

1. 鉴于从事生态环境影响评价的从业人员来自不同的学科，很多人是“半路出家”接触生态学的，为学习的方便，本书在第一章生态学基础知识的前半部分，增录了高等学校试用教材《环境生态学》中传统生态学的有关内容，并进行了缩编，以减少篇幅，方便阅读。在第一章的后半部分，增编了“典型生态系统”有关内容，以增进对生态系统的认识，而且在生态环境影响评价中，第一件要做的事就是识别生态系统的类型。

2. 第二章，生态环境保护基本认识，是从生态学理论过渡到生态环境影响评价实践的桥梁，其内容较原《概论》有了很大的丰富。这一部分，比较集中地体现了本书着眼于最“基本”的知识、概念、思路和方法的宗旨，即传播生态学的基本知识，树立生态保护基本意识，启迪生态环境影响评价的基本思路、和提出生态环境影响评价的基本方法，尤其体现了本书保护生态的基本观念、理论和思路，是不可缺少的部分。

3. 第三章，生态环境影响评价基本理论，是本书的核心部分。修订版中对生态环境影响评价基本技术，作了全面的修订，丰富了有关内容和思想，细化了指标体系，增加了生态环境影响评估和生态环境监测等全新的内容。本章的修改中，融入近几年环评实践经验，并将其理论化，力求编写得具体、实用。此外，本章还在环境影响评价基本概念中，增加了建设项目环境影响评价中一些新的理论，探讨了诸如战略环评、风险评价以及生态环境管理特殊性等问题，作为启迪读者思路的击水之石。

4. 本书第四章，建设项目生态环境影响评价；第六章，生态环境影响评价方法，

都在原版内容上进行了丰富。

5. 第五章，区域性生态环境影响评价，汲取了史捍民主编的《区域开发活动环境影响评价技术指南》部分内容和高吉喜等人的研究成果，编成评价方法与应用部分，亦使本章内容趋于丰富和便于读者阅读。

本书是按“以人为本”或“以人为中心”建立生态环境概念的，是以生态环境功能论为立论基础建立影响评价理论体系的。本书以可持续发展的思想和战略为指导，既不同于“环境保护为经济建设服务”的以经济为中心的思想，也未达到人与生物平等的生态中心主义的超高境界。本书追求实用价值与理论的完美结合。

本书内容局限于“非污染生态影响”范畴，未涉及污染生态学领域。限于篇幅，也未涉及与生态环境状态密切相关的自然景观影响评价或景观资源影响评价内容。本书也基本未涉及累积性影响或潜在影响等更为深刻的内容。本书还未包含生态环境影响评价中至关重要的生态经济学评价内容，总之一句话，这仍是一本“概论”，一次企图将生态学基本理论应用于环境影响评价工作实践的尝试，为一人之说，一管之见，这仅是生态环境保护道路上的一小块铺路石子。

本书是作者在国家环保总局环境工程评估中心工作实践中逐步形成的。作者衷心感谢评估中心提供了良好的学习机会和工作条件。在本书修订过程中，曾得到梁学功、李海生、李天威等同事的大力支持、鼓励和参与。王家骥先生、欧阳志云先生、刘书套先生、李平衡先生对本书的部分章节提出了十分宝贵的修改意见。对他们的帮助谨致以衷心的感谢。

为提供环评人员以完整的概念和系统的知识、方法，增强实用性，本书在作为内部参考资料时，引用了一些作者已出版的书籍内容，在修订时也保留了这些内容。作者感谢这些先驱者为环保和环评工作做出的贡献，并感谢他们实质性地支持了本书的完善形成。

书中的修订出版，完全得力于中国环境科学出版社和张维平先生的倾心帮助。在本书修订出版之际，诚挚地感谢他们。

书中内容挂一漏万，观点也难免偏颇，书中错讹，恳请指正。

著者

2003年6月

目 录

第一章 生态学基础知识	1
一、传统生态学的内涵	1
(一) 个体生态学	1
(二) 种群生态学	2
(三) 群落生态学	12
(四) 生态系统生态学	30
(五) 全球生态学	48
二、生态学的现代发展	49
(一) 范围扩展和内容充实	49
(二) 现代生态学的本质：研究人类的生存问题	50
(三) 生态学的新概念和新理论	51
(四) 核心内容：生物多样性保护	51
三、典型生态系统	54
(一) 森林生态系统	54
(二) 草原生态系统	63
(三) 荒漠生态系统	67
(四) 水域生态系统	79
(五) 海洋生态系统	84
(六) 城市生态系统	89
(七) 农业生态系统	111
第二章 生态环境保护基本认识	115
一、生态系统的环境功能及其价值	115
(一) 生态系统的环境功能	115
(二) 生态环境功能的价值计量	122
(三) 各类生态系统的环境功能比较	123
二、生态环境保护原理	125
(一) 保护生态系统结构的整体性和运行的连续性	125
(二) 保持生态系统的再生产能力	127
(三) 以生物多样性保护为核心	128
(四) 关注特殊性问题	135
(五) 解决区域性重大生态环境问题	141
(六) 重建退化的生态系统	145
第三章 生态环境影响评价基本理论	153
一、基本概念	153

(一) 环境评价与环境影响评价	153
(二) 生态环境评价与生态环境影响评价	154
(三) 建设项目环境影响评价：从决策到管理	154
1. 建设项目的战略性影响与评价	155
2. 建设项目环评与规划环评	157
3. 建设项目环境影响评价与管理	158
4. 环境风险评价与生态风险评价	159
二、生态环境影响评价基本原则	161
(一) 保护自然资源和区域可持续发展	162
1. 保护耕地资源	162
2. 保护水资源	163
3. 保护地区优势资源	164
(二) 遵循生态学和生态环境保护基本原理	165
1. 层次性	165
2. 结构—过程—功能整体性	165
3. 区域性	165
4. 生物多样性保护优先性	165
5. 注意特殊性	166
6. 谋求在发展中改善生态环境	166
(三) 符合开发建设活动特点和环境条件	166
1. 针对开发建设活动特点	166
2. 针对环境特点	166
(四) 贯彻国家环境政策，实行法制管理	167
1. 预防为主和加强管理	167
2. 可持续地利用自然资源	167
3. 保护自然与生物多样性	168
4. 贯彻实施国家生态保护战略	169
(五) 综合考虑环境与社会经济的协调发展	169
1. 协调生态环境保护与社会经济的关系	169
2. 协调区域规划与项目建设的关系	171
三、生态环境影响评价基本技术	172
(一) 评价指导思想	172
(二) 评价范围	173
1. 生态环境影响评价范围的确定原则	173
2. 确定生态环境评价范围一般考虑的因素	174
3. 评价范围确定中存在的问题	175
(三) 评价标准	175
1. 生态环境影响评价标准的基本要求	176
2. 生态环境影响评价的标准来源	176
3. 生态环境影响评价标准的指标值选取应考虑的因素	177
4. 标准的应用	177

(四) 生态环境影响识别与评价因子筛选	178
1. 影响因素的识别	178
2. 影响对象的识别	178
3. 影响效应的识别	181
4. 生态环境影响评价因子与参数	181
(五) 评价等级	185
1. 等级划分依据	186
2. 《导则》规定的评价等级	187
3. 评价等级确定中的问题	188
(六) 生态环境调查	189
1. 生态环境调查要求	189
2. 自然生态系统调查内容	189
3. 资料收集与信息表达	191
4. 与生态环评有关的社会经济状况调查	192
5. 陆地生态系统实地调查	192
(七) 生态分析与评价重点的确定	192
1. 生态系统分析	193
2. 相关性分析	193
3. 生态约束条件分析	194
4. 生态评价重点的确定	195
(八) 生态环境现状评价	197
1. 生态系统现状评价	197
2. 生态因子现状评价	199
3. 区域生态环境问题评价	200
4. 自然资源评价	201
5. 评价因子再确定	201
(九) 生态环境影响预测	201
1. 生态环境影响预测的问题	201
2. 生态环境影响预测的基本步骤	202
3. 影响因素分析	202
4. 影响对象分析	204
5. 生态环境影响效应分析	204
6. 生态环境影响预测技术	208
(十) 生态环境影响评估	209
1. 生态学评估基准	210
2. 可持续发展影响评估	216
3. 战略与政策评估基准	219
4. 生态环境影响评估法规基准	221
5. 生态环境影响的经济与社会文化评估基准	223
6. 工程建设生态环境影响评估要点	227
7. 各类生态系统的影响评估要点	229
(十一) 生态环境保护措施	237

1. 生态环境保护措施的基本要求	237
2. 生态环境保护措施的提出思路	239
3. 生态环境保护措施的有效性评估	242
(十二) 生态环境监测	244
1. 生态环境监测的目的与意义	244
2. 生态环境监测技术要点	244
3. 生态环境监测指标	245
第四章 建设项目生态环境影响评价	247
一、农业灌溉项目	247
(一) 农业灌溉工程的一般认知	247
(二) 农业灌溉工程的环境影响	248
(三) 灌溉工程生态环境影响评价要点	254
二、农业项目：宜农荒地开发	272
(一) 宜农荒地认知	273
(二) 荒地开发的生态环境影响	273
(三) 荒地开发项目生态环境影响评价要点	273
三、公路建设项目	274
(一) 公路建设项目一般认知	275
(二) 公路建设项目生态环境影响	275
(三) 公路建设项目生态环境影响评价要点	283
四、水利水电建设项目	290
(一) 水利水电建设项目一般认知	290
(二) 水利水电建设项目生态环境影响	291
(三) 水利水电建设项目生态环境影响评价要点	297
五、矿业开发建设项目	304
(一) 矿业开发的生态学效应	304
(二) 矿业建设项目的生态环境影响	305
(三) 矿业建设项目生态环境影响评价要点	306
六、草原地区建设项目	308
(一) 草原和草地一般认知	308
(二) 草原生态环境影响	308
(三) 草原生态环境影响评价要点	309
七、海岸带开发建设项目	311
(一) 海岸带生态认知	311
(二) 海岸带建设项目生态环境影响	312
(三) 海岸带开发建设项目生态环境影响评价要点	313
八、城市地区建设项目	315
(一) 城市生态一般认知	315
(二) 城市地区建设项目生态环境影响	317
(三) 城市地区建设项目生态环境影响评价要点	320
第五章 区域性生态环境影响评价	323

一、区域环境影响评价概述	323
(一) 区域环境影响评价类别	323
(二) 区域环境影响评价的范围	324
(三) 区域环评的主要内容与任务	325
(四) 区域环境影响评价的基本原则	326
(五) 区域环境影响评价的基本特点	327
二、区域生态环境影响评价基本程序和内容	328
(一) 确定评价整体框架	328
(二) 区域生态环境调查	329
(三) 生态分析与评价	331
(四) 区域生态环境功能区划	335
(五) 区域生态环境影响评价	340
(六) 区域生态环境保护方案与措施	344
三、区域生态环境影响评价方法与应用	346
(一) 环境影响识别方法	346
(二) 区域生态系统服务功能评价方法	349
(三) 生态环境承载力评价方法	354
(四) 区域土地利用生态适宜度分析方法	363
(五) 累积影响评价方法	366
第六章 生态环境影响评价方法	371
一、一般评价方法	371
(一) 类比分析法	371
(二) 列表清单法	371
(三) 生态图法	372
(四) 指数法与综合指数法	373
(五) 景观生态学方法	374
(六) 生态系统综合评价法	378
(七) 生物生产力评价法	381
(八) 其他方法	384
二、专项问题评价方法	385
(一) 水土流失评价方法	385
(二) 生物多样性评价方法	391
(三) 森林生态系统环境功能评价方法	394
(四) 植被补偿的生态功能“当量”评价法	403
(五) 土地沙漠化评价方法	403
主要参考文献	408

第一章 生态学基础知识

生态学是研究生命系统与环境系统相互关系的科学。1866年，法国科学家海克尔最早提出“生态学”的概念。不过，当时即使在自然科学界，对生态学问题也没有给予足够的重视。1935年，英国学者坦斯勒进而提出“生态系统”的概念，开始从更宏观的角度认识生态学。1950年代以后，随着生物学研究范围的扩展和环境科学的发展，给生态学赋予了很多新的内容。现在，生态学已经从一个传统的经验性描述的学科发展成为一个用现代理论与高技术武装起来的多学科交叉的庞大学科，产生了许多边缘学科，并且逐渐渗透到人文科学如政治、管理、美学、伦理、文化等领域，出现了所谓科学“生态化”现象。但是，不管冠以什么名称的生态学或者冠以生态的任何学说，都须遵守生态学所具有的一般原理、规律和特点，生态环境学或环境生态学也不例外。

本书讨论的生态环境影响评价问题，试图从生态学的基本原理出发，结合开发建设活动的实际情况，科学地认识人类活动对生态环境的影响，评价影响的性质与程度，探索减轻影响和保护生态环境的有效途径。

一、传统生态学的内涵

在自然界，各种生物物质（各类蛋白质、类脂化合物及核酸等）结合在一起形成各种有机体，这些有机体又按照细胞→个体→种群→群落→生态系统的顺序而趋于复杂化。生态学的研究一般从研究生物个体开始，分别研究个体、种群、群落、生态系统，并形成相应的不同层次的生态学分支学科。现代生态学除研究自然生态系统以外，还将人类包括在其中。我国著名生态学家马世骏教授认为，生态学是一门包括人类在内的自然科学，也是一门包括自然在内的人文科学，并提出“社会-经济-自然复合生态系统”的概念。这样，生态学研究就包括了更为宏观、更为广阔的内容，直至全球尺度的全球生态学（生物圈）。

（一）个体生态学

生物个体都是具有一定功能的生命系统。这种生命系统最简单的可能小到只有一个细胞，但一般是由很多细胞组合构成其组织和器官，再构成完整的生物个体，直至形成像鲸和大象那样的庞然大物。

生物个体都具有如下特征：

（1）在一定时间内，每个个体都具有一定的生物量，人们常用鲜重或干物质重来表示生物量的大小。

（2）代谢作用（个体与外部环境进行物质交换的复杂过程）是维持个体生存所必需

的。

(3) 个体具有巨大的繁殖潜力, 但繁殖程度受到环境的制约。如在 4 天半的时间内, 重量为 10^{-14} g 的一个细菌能产生新细菌 10^{36} 个, 其重量和全世界的海洋一样; 一对老鼠每胎若产 7 只小鼠, 并按 1 年生 3 胎计算, 3 年之后其后代可达 60 万只。

(4) 个体易受到外部的刺激, 并能对刺激作出反应。

个体生态学主要研究有机体如何通过特定的生物化学、形态解剖学、生理学和行为学机制去适应其生存环境^[1]。

(二) 种群生态学

种群是在一定的时间和空间中生活和繁殖的同种个体所组成的群体。

种群虽然由同种个体组成, 但种群内的个体不是孤立的, 也不等于个体的简单相加, 而是通过种内关系组成一个有机的整体。从个体到种群是一个质的飞跃。个体的生物学特性主要表现在出生、生长、发育、衰老及死亡等。而种群则具有出生率、死亡率、年龄结构、性比、社群关系和数量变化等特征。在生物学分类中的门、纲、目、科、属等分类单位是学者依据物种的特征及其在进化过程中的亲缘关系来划分的, 惟有种 (species) 才是真实存在的。种群则是物种在自然界存在的基本单位。

1. 种群的基本特征

(1) 空间特征

种群都要占据一定的分布区。组成种群的每个个体都需要有一定的空间进行繁殖和生长。不同种类的个体所需空间的性质和大小是不相同的。大型生物需要较大的空间, 如东北虎活动范围需 $300 \sim 600 \text{km}^2$ 。在一个局限的空间中, 种群数量的增多和种群个体生长会使种群中个体在空间中愈来愈接近, 每个个体所占据的空间也越来越小, 进而产生个体间的争夺, 出现领域性行为 and 扩散迁移等。所谓领域性行为是指种群中的个体对占有的一块空间具有的保护和防御行为。衡量一个种群是否繁荣和发展, 一般要视其空间和数量的情况而定。

(2) 数量特征

种群都具有数量特征, 可以定量地计量。种群具有密度, 即单位面积或单位空间内的个体数目。另一表示种群密度的方法是生物量, 是指单位面积或空间内所有个体的鲜物质或干物质的重量。

种群密度可分为绝对密度和相对密度。前者指单位面积或空间上的个体数目, 后者是表示个体数量多少的相对指标。其测定方法简单介绍如下:

绝对密度测定: 可分为总数量调查方法和取样调查法。总数量调查法是计数某面积内某种生物的全部数量。对较大型的生物可直接调查其总数量, 用航测也可得到一定面积内的动物总数量。取样调查法是指在总数量调查比较困难的情况下, 通过只计测种群中的一小部分, 用以估计整体。该调查方法包括: 样方法、标志重捕法和去除取样法等。

相对密度测定: 这类方法可分两类, 一是直接数量指标, 如捕捉法; 另一类是间接数量指标, 如通过兽类的粪堆计数估计兽类的数量, 以鸟类的鸣叫声估计鸟类数量的多

少等。还有很多指标可以估计动物的相对数量。

影响种群密度的因素是出生率、死亡率、迁入和迁出率，它们可称为初级种群参数。种群中的年龄分布、性比、种群增长率等，也共同决定着种群数量的变化。

出生率和死亡率：出生率是指任何生物产生新个体的能力。出生率常分最大出生率和实际出生率，或称生态出生率。最大出生率是指种群处于理想条件下的出生率。在特定环境条件下种群实际出生率称为实际出生率。完全理想的环境条件是很难建立的，但在自然条件下，当出现最有利的条件时，它们表现的出生率可视为“最大的”出生率，可以作为度量的标准。

出生率的高低取决于性成熟的速度、每次产仔数目和繁殖次数。例如东北虎在自然条件下，4岁性成熟，每次产2~4个崽。每次生殖后母虎要带崽2~3年，才能参加下次繁殖，在此期间不发情交配。雄虎性成熟稍晚。据动物园饲养记录，虎的寿命为20~22年，一生中最多能产10余只崽。由此看出东北虎繁殖能力是很低的。此类动物如得不到很好的保护，就易于灭绝。相反，一些小型兽类，如褐家鼠，雌鼠受孕后20天产崽，每年平均繁殖6~10次，幼鼠3~4个月就能繁殖。这样繁殖力很强的种类，如不控制其数量，可能会泛滥成灾。

死亡率包括最低死亡率和生态死亡率。最低死亡率是种群在最适的环境条件下，种群中的个体活到了生理寿命的死亡率。生态寿命是指种群在特定环境条件下的平均实际寿命。

种群的数量变动首先决定于出生率和死亡率的对比关系。在单位时间内，出生率和死亡率之差为增长率。种群数量大小是由增长率来调整的。当出生率超过死亡率时，即增长率为正时，种群的数量增加；如果死亡率超过出生率，增长率为负时，则种群数量减少；而当出生率和死亡率相平衡，增长率接近于零时，种群数量将保持相对稳定状态。

迁入迁出：扩散是大多数动植物生活周期中的基本现象。扩散有助于防止近亲繁殖，同时又是在各地方种群之间进行基因交流的生态过程。植物种群中迁出和迁入的现象相当普遍，如孢子植物借助风力把孢子长距离地扩散，种子植物借助风、昆虫、水及动物等因子，传播其种子和花粉。

种群的年龄结构和性比：种群的年龄结构对种群出生率和死亡率有很大影响。植物的年龄结构对于研究其种群动态和对种群数量进行预测预报都是不可少的。种群的性比或性别结构也是种群统计学的主要研究内容之一，性别只有雌雄两种。因为以上两个结构特征联系比较密切，常常同时进行分析。

种群具有繁殖能力的成体比例越大，种群的出生率就越高。分析年龄结构的有效方法是利用年龄锥体或称年龄金字塔。它是从下到上的一系列不同宽度的横柱作成的图。横柱高低位置表示幼年到老年的不同年龄组，横柱的宽度表示各个年龄组的个体数或其所占的百分比。年龄锥体可分为三个基本类型（图1-1）。左侧的锥体基部宽而顶部狭窄，表示幼体的百分比很高，老年的个体却很少，这样的种群出生率大于死亡率，是迅速增长的种群；中间的为钟型，说明种群中幼年的个体和中老年的个体数量大致相等，其出生率和死亡率也大致平衡，种群数量稳定，可称之为稳定型种群；右侧锥体呈壶

型，基部比较窄而顶部比较宽，表示幼体所占的比例很小，而老年个体的比例较大，种群死亡率大于出生率，是一种数量趋于下降的种群，可称之为下降型种群。

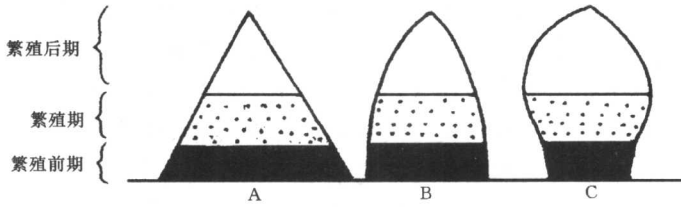


图 1-1 年龄锥体的三种基本类型

A. 增长型种群；B. 稳定型种群；C. 下降型种群（仿 Kormondy, 1976）

(3) 遗传特征

组成种群的个体，在基本形态特征或生理特征方面都具有差异，种群内的这种变异和个体遗传有关。一个种群中的生物具有一个共同的基因库，以区别于其他物种，但并非每个个体都具有种群中贮存的所有信息。种群的个体在遗传上不一致。种群内的变异性是进化的起点，而进化则使生存者更适应变化的环境。

2. 种群增长

种群生态学研究的核心问题是种群的动态。

(1) 内禀增长能力和种群的指数增长模式

种群的内禀增长能力是指在最适条件下种群内部潜在的增长能力，即生物潜力。

在无限的环境中（种群不受任何条件限制，如食物、空间等），种群就能发挥其内禀增长能力，数量迅速增加，呈现指数式增长格局，称为种群的指数增长规律。种群在无限环境中表现出的指数增长可分为离散增长和连续增长两类：

世代不相重叠种群的离散增长模型：世代不相重叠，是指生物的生命只有一年，一年只有一次繁殖，其世代不重叠。如一些水生昆虫，每年雌虫只产一次卵，卵孵化成幼虫，蛹在泥中度过干旱或寒冷季节，到第二年蛹才变为成虫，交配产卵。世代不重叠的种群增长是不连续的，或称离散的；种群没有迁入和迁出；种群没有年龄结构。其数学模型通常是把世代 $t+1$ 的种群 N_{t+1} 与世代 t 的种群 N_t 联系起来的差分方程：

$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

式中： N ——种群大小；

t ——时间；

λ ——种群周限增长率。

上述模型的生物学含义是假定在一个繁殖季节 t_0 开始，初始种群大小为 N_0 （要求雌雄个体数量相等），其初生数量为 B ，总死亡数量为 D 。到下一代 t_1 时，其种群数量 N_1 为：

$$N_1 = N_0 + B - D$$

如初始种群 $N_0 = 10$ ， $N_1 = 200$ ，即一年增加 20 倍（ $\lambda = N_1/N_0 = 20$ ）。若种群在无限环境中年复一年地增长，即

$$N_0 = 10$$

$$N_1 = N_0 \lambda = 10 \times 20 = 200 (10 \times 20^1)$$

$$N_2 = N_1 \lambda = 200 \times 20 = 4000 (10 \times 20^2)$$

$$N_3 = N_2 \lambda = 4000 \times 20 = 80000 (10 \times 20^3)$$

.....

周限增长率 λ 是种群增长中有用的参数。从理论上讲, λ 有以下四种情况:

$\lambda > 1$ 种群上升

$\lambda = 1$ 种群稳定

$0 < \lambda < 1$ 种群下降

$\lambda = 0$ 种群无繁殖现象, 且在一代中灭亡。

世代重叠种群的连续增长模式: 种群世代有重叠, 种群数量以连续的方式改变, 通常用微分方程来描述。

种群以连续方式增长, 其它各点和上述模型相同, 对于在无限环境中瞬时增长率保持恒定的种群, 种群增长率仍表现为指数增长过程, 即

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

其积分方式为:

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

式中: N_0 、 N_t ——定义同前,

e ——自然对数的底;

r ——种群的瞬间增长率。

若以种群数量 N_t 对时间 t 作图, 种群增长曲线呈“J”型, 因此种群的指数增长又称为“J”型增长。指数增长是无限的, 种群如果按此方式增长, 那么一个细菌经过 36h 完成 108 个世代后, 将繁殖出 2^{107} 个细菌, 可布满全球一尺厚。

(2) 种群在有限环境中的逻辑斯谛增长

在自然界, 种群不可能按几何级数增长。当种群在一个有限空间中增长时, 随着密度上升, 受到资源和其它生活条件的限制, 疾病、天敌、种内竞争增加, 必然要降低种群的实际增长率, 直到停止增长, 甚至使种群下降。种群在有限环境条件下连续增长的一种最简单的形式是逻辑斯谛增长又称为阻滞增长。

假设环境条件允许种群有一个最大值, 此值称为环境容纳量或负荷量, 常用“ K ”表示, 当种群大小达到 K 值时, 种群就不再增长, 即 $dK/dt = 0$ 。

假设使种群增长率降低的影响是最简单的, 即其影响随着密度上升而逐渐地、按比例地增加。例如种群中每增加一个个体就对增长率降低产生 $1/K$ 的影响。若 $K = 100$, 每个个体则产生 $1/100$ 的抑制效应, 或者说, 每一个个体利用了 $1/K$ 的空间。若种群有 N 个个体, 就利用了 N/K 的空间, 而可供继续增长的剩余空间就只有 $(1 - N/K)$ 了。

再假设种群中密度的增加对其增长率的降低作用是立即发生的, 无时滞的, 以及种群无年龄结构及无迁出和迁入现象。