

李怀甫 编著

小流域治理 理论与方法

水利电力出版社

小流域治理理论与方法

李 怀 甫 编著

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是一部以生态经济系统理论为基础的山区小流域综合治理专门著作。作者对小流域生态系统和经济系统的组成、结构、功能、规律进行分析后,着重阐述了小流域生态系统与小流域经济系统之间的内在联系,进而提出了小流域生态经济系统理论。在此基础上,系统介绍了小流域综合调查与系统诊断、LP系统开发与综合治理规划,以及综合防治体系与治理模式设计、实施组织机构与运行管理机制等一整套综合治理方法。全书坚持因地制宜、整体优化、综合效益原则,把生态建设和经济建设融为一个有机整体,从理论到方法对小流域综合治理进行分析概括。构思新颖,内容丰富,有重要的学术价值和实用价值。

本书适于从事山区建设、小流域综合治理工作的干部、科技人员阅读,也可供有关院校师生和研究人员参考。

小流域治理理论与方法

李 怀 甫 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市平谷县大华山印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 9.25印张 244千字 1插页

1989年9月第一版 1989年9月北京第一次印刷

印数0001—6810册

ISBN 7-120-00953-2/TV·313

定价 6.70 元

前 言

我国是一个多山的国家,有许多山区曾是山青水秀、美丽富饶的好地方,她孕育了丰富的自然资源和人类的文明。但由于人们没有充分认识山区生态经济规律,对他们长期栖息的土地进行掠夺性经营,导致了生态环境恶化,经济贫穷落后的严重后果。目前,人口剧增、森林破坏、土壤沙化、物种灭绝、水质污染、水源危机等一系列生态问题的出现,使人们愈来愈清醒地认识到,发展经济和保护环境同等重要。

新中国成立后,广大人民在改造山河、保持水土、建设山区方面付出了巨大代价,积累了丰富的正反两方面的经验。近几年来,以小流域为单元综合治理山区的工作蓬勃开展,并取得了可喜成绩,但由于缺乏科学的宏观控制和系统的治理方法,工作中带有很大的片面性和盲目性,致使重复治理、顾此失彼、劳民伤财的事情时有发生,直接影响着山区生态经济建设的深入开展。

小流域是江河水系中的基本集水单元,流域的大小是相对的,大至江河,小到毛沟。本书所研究的对象,系指有人群参与的、包括一个或多个行政村在内的山丘区小流域。小流域综合治理是一项复杂的系统工程,它集合了自然生态、社会经济等多方面的内容。小流域综合治理的目的在于用最少的劳动耗费,获取最大的生态经济效益,以实现环境优美、经济繁荣的目标。为此必须创立一个以多年生经济植物为核心的、优化的小流域生态经济系统。而要创立这样一个多因素、多变量、多层次、多序列、多功能、多效益的复杂系统,需要有科学的理论和方法。

为改善生态环境,繁荣山区经济,使山区人民尽快脱贫致富,多年来,在总结群众经验的同时,结合小流域综合治理的实践,我们对小流域治理的理论与方法进行了研究,获得了多项科

研成果并得到广泛地推广应用。以此为基础并吸取了国内外多学科先进成果，编著了《小流域治理理论与方法》一书。

此书在编著出版过程中，得到多方面的协助。中国科学院学部委员张宗祜，水利部方华荣、高博文，北京林业大学王礼先、洪惜英，中国科学院石家庄农业现代化研究所张尔翼，河北省水利厅张宝峰、韩化俊，河北省林业厅王绪捷，河北农业大学王天俊，河北省社会科学院牛凤瑞等20多位专家对此书提出了很好的建议；水利部高博文同志对全书进行了审阅；水利部海河水利委员会，河北省科学技术委员会，河北省水利厅，石家庄地区科学技术委员会，石家庄地区水利局等单位以及全国有关同行均给予了大力支持；在此一并诚谢。

由于本人水平有限，书中缺点、错误在所难免，敬请读者不吝指教。

编著者

1988年9月

目 录

前 言

第一篇 小流域治理理论

第一章 小流域生态系统.....	1
第一节 小流域生态系统的组成.....	1
一、生命系统 二、环境系统	
第二节 小流域生态系统的结构.....	4
一、形态结构 二、营养结构	
第三节 小流域生态系统的功能.....	7
一、能量流动 二、物质循环 三、信息传递	
第四节 小流域生态系统的规律.....	11
第二章 小流域经济系统.....	14
第一节 小流域综合系统.....	14
一、管理系统 二、信息系统 三、劳动生产率系统	
四、金融和价格系统	
第二节 小流域执行系统.....	18
一、人口和劳动力系统 二、研究和开发系统	
三、生产和劳务系统	
第三节 小流域积累系统.....	22
一、产品与收入系统 二、财富系统 三、福利系统	
第四节 小流域经济系统的功能.....	28
第五节 小流域经济系统的规律.....	29
第三章 小流域生态经济系统.....	31
第一节 小流域生态经济系统的组成.....	31
一、基本要素 二、要素组合 三、三个再生产的统一	
第二节 小流域生态经济系统的结构.....	36
一、有序结构 二、网络结构 三、立体结构	
第三节 小流域生态经济系统的功能.....	38
一、物质循环 二、能量流动 三、价值增殖	
四、信息传递	
第四节 小流域生态经济系统的平衡.....	42

一、基本特性 二、平衡模式	
第五节 小流域生态经济系统的效益	44
一、生态经济效益指标体系 二、生态经济效益综合评价	
第四章 小流域生态经济系统分析	49
第一节 小流域生态经济系统模型	49
第二节 小流域生态经济系统分析	50
一、系统分析程序 二、系统分析方法	
第二篇 小流域治理方法	
第五章 小流域综合治理调查	54
第一节 小流域生态系统调查	54
一、地貌 二、地质 三、土壤 四、气候	
五、水文 六、矿产 七、能源 八、旅游	
九、生物 十、土壤侵蚀与防治	
第二节 小流域经济系统调查	145
一、人口与劳动力 二、土地类型与利用	
三、劳动技术装备程度 四、总产品与收益分配	
五、人民生活水平	
第三节 小流域生态经济系统诊断	163
一、层次分析模型 二、构造判断矩阵	
三、层次排序 四、诊断结果分析	
第六章 小流域综合治理规划	173
第一节 指导思想和基本原则	173
第二节 规划方法	174
一、系统工程三维结构 二、线性规划和计算机程序	
三、规划模型与优化决策	
第七章 小流域综合治理设计	196
第一节 防治体系设计	196
一、设计原则 二、工程措施设计 三、林草措施设计	
四、水土保持耕作法	
第二节 治理模式设计	263
一、设计原则 二、模式设计	
第三节 设计预算	270
一、定额 二、编制依据 三、编制方法	
第八章 小流域综合治理实施	278

第一节 组织机构	278
第二节 运行管理	279
一、计划 二、承包 三、资金 四、治理	
五、管护	
第三节 总结验收	285
一、验收内容 二、验收程序 三、验收方法	
主要参考文献	288

第一篇 小流域治理理论

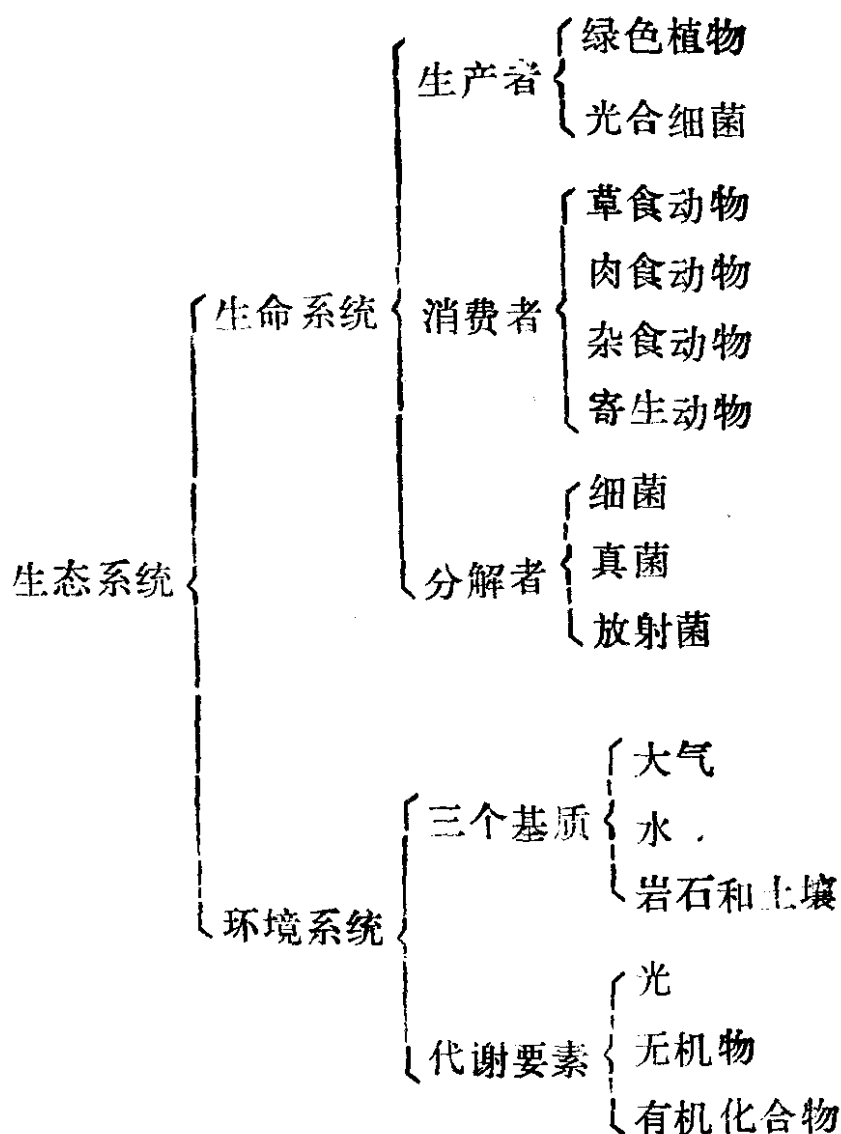
第一章 小流域生态系统

山丘区小流域是以分水岭和出口断面为界形成的自然集水单元。小流域所处的经纬度、海拔高度、流域面积、干沟比降、流域形状、沟壑密度等，反映了小流域的外形轮廓。小流域的地貌类型是造山或造陆运动与水力、风力和重力侵蚀长期作用的结果。虽然小流域内地形变化很大，但大地形却有普通的地貌分布规律，由于地貌分布规律及母质、高度、坡向、气候、土壤、水资源等自然因素的差异，使每条小流域各具不同的特征。

小流域生态系统是小流域生命系统和小流域环境系统在特定空间的集合。在小流域内，动物、植物、微生物等，通过直接或间接的关系有机地组合，形成小流域生态群落。在生物与环境，生物与生物之间，不断地进行着能量交换、物质循环和信息传递，构成彼此之间相互联系、相互制约、相互依存的关系，从而形成一个相对稳定的整体。可见小流域生态系统是一个具有一定结构、功能和自我调节机制的开放系统。

第一节 小流域生态系统的组成

每条小流域其生态系统均可分成两大部分，即：生命系统（有生命的生物）和环境系统（无生命的环境）。具体包括：无机环境、生产者、消费者和分解者四个基本成分。其一般组成如下：



一、生命系统

小流域生命系统，系指小流域内动物、植物、微生物等多种生命有机体的集合。有生命的生物，是生态系统的主体，是最活跃的部分。按其在生态系统中的功能和地位，可分为生产者、消费者和分解者三类。

(一) 生产者

生产者主要指小流域内所有绿色植物和某些能进行光合作用的细菌。它们是能量和物质进入小流域生态系统的源头。绿色植物在小流域生态系统中的作用是进行第一性生产，即通过叶绿素吸收太阳光能进行光合作用，把太阳能转化为化学能，把从环境

中摄取的无机物质合成碳水化合物，还可进一步转化为蛋白质、脂肪等，构成植物躯体。太阳能只有通过生产者，才能源源不断地输入小流域生态系统，成为一切生物赖以生存的能量来源。

除绿色植物外，有一些化学能自养微生物，能把无机物合成有机物。如氨化细菌能将氨（ NH_3 ）氧化为亚硝酸和硝酸，利用这一氧化过程释放的能量，可将 CO_2 和 H_2O 合成简单的有机物。它们与绿色植物的区别在于其能量是否直接来源于太阳能。

（二）消费者

消费者指小流域生态系统中各类动物和某些腐生生物或某些菌类。它们是以生产者生产的有机物为营养来源，进行自身生命活动的异养生物。按其摄取食物的顺序不同，可分为：

（1）草食动物：直接以植物性食物完成本身再生产过程的动物，称第一性消费者。如兔、马、牛、羊、象、蝗虫等。

（2）肉食动物：直接吃食草动物的动物，为第一级食肉动物，称第二性消费者。如青蛙、蝙蝠、猫、肉食昆虫等。以第一级肉食动物为食的动物，为第二级肉食动物，称第三性消费者。如狐狸、狼、蛇、黄鼠狼等。以第二级肉食动物为食的动物为第三级肉食动物，称第四性消费者，也叫顶部食肉动物。如狮、虎、豹、鹰等。

（3）杂食动物：消费者的等级并没有严格的界限，许多动物是既吃植物也吃动物的杂食动物。如熊、鲤鱼等。

（4）寄生动物：它们是特殊的消费者，根据食性可分为草食动物或肉食动物。

由此可见，消费者等级愈高，动物愈凶猛，而数量愈少。消费者虽然不是有机物最初生产者，但在小流域生态系统的物质和能量转化过程中，也是极为重要的环节。

（三）分解者

分解者也属于异养生物，主要指能够分解有机化合物的细菌、真菌、放射菌等微生物，也包括某些原生动物及腐食性动物。它们能把复杂的动、植物有机残体分解为简单的有机物，最

终氧化成 CO_2 和 H_2O 。有机物中的无机元素相应被释放返回到环境之中，被生产者再利用，而它们自己从中获取营养和能量，进行自身再生产。分解者有机体广泛分布在土壤和水中，一刻不停地分解有机质，起着净化环境，再生环境的重要作用。

二、环境系统

小流域环境系统，系指小流域内光、热、水、气、土以及各种无机和有机元素的集合。它是生态系统中生命活动所必须的物质和能量的源泉，包括生命活动的三个基质，即大气、水、岩石和土壤，及参与生命代谢过程的环境要素，其中包括：

(1) 参加物质循环的无机物质，如C、N、 O_2 、 H_2 、P、K、S、Fe等。

(2) 联结生物和非生物的部分有机化合物，如蛋白质、脂肪、糖和腐殖质等。

(3) 气候因子，如太阳辐射、温度、湿度、风等。

以上这些作为环境而存在，影响着小流域生命系统的具体成分和种类及其不同的组合，使其生态系统变得更加复杂多样。

小流域生态系统中的四个基本成分互相联系、互相制约、相互依存，其中生物群落是小流域生态系统的核心，而绿色植物则是核心的核心。生物群落决定着系统的生产能力、能量活动特征和强度以及外貌景观。生态系统中的环境是生命活动的空间、条件和资源，也是生物对环境作用的结果。生物群落达到成熟阶段，便会相应产生适宜更多类型生物生存的内部环境。生物具有建立对自身生存有利的，可以适应环境的能力。

第二节 小流域生态系统的结构

小流域生态系统的各组成部分，各种生物的种类、数量和空间配置，在一定时期均处于相对稳定的状态，使生态系统能够保持一个相对稳定的结构。

一、形态结构

小流域生态系统的生物种类、种群数量、种的空间配置、种的演化等构成了小流域生态系统的形态结构。如一片郁闭的森林，其中动物、植物、微生物的种群和数量是相对稳定的。在空间配置和分布上，自上而下具有明显的层次。地上有乔木、灌木、草本、苔藓，地下有浅根系、深根系及其根际微生物。在森林中栖息的各种动物，也都有其相应的空间位置。鸟类在树上营巢，兽类在地面筑窝，鼠类在地下挖洞，这就是森林生态系统的形态结构。

二、营养结构

小流域生态系统内部各个成分之间，以营养联系为纽带，把生物与生物，以及生物与环境紧密地联接在一起，所构成的以生产者、消费者、分解者为中心的三大功能类群，这就是生态系统的营养结构。

在有机体生存中，营养问题是最重要的。生态系统的各组成成分之间，有着分布和数量等方面的差异。这些差异是以食物链与营养级的形成表现出来的。绿色植物是初级生产者，是第一营养级，草食动物（第一性消费者）是第二营养级，第一级肉食动物（第二性消费者）是第三营养级，第二级肉食动物（第三性消费者）是第四营养级，第三级肉食动物（第四性消费者）是第五营养级，分解者是第六营养级。在生态系统内，一类生物被另一类生物所食，另一类生物又被第三类生物所食，从而沿着营养级形成了食物的链索关系，这一各生物之间以食物为纽带形成的相互联结的生物序列，叫做生态系统的食物链。食物链上的每一个环节叫做一个营养级，每一个生物都处在一定的营养级上，也有少数生物兼两个营养级，如杂食动物。

在小流域生态系统中，食物链的复杂程度是不同的，最简单的食物链只有两节，如植物→微生物。更为常见的是多节食物链，如在水库水生生态系统中，大鱼吃小鱼，小鱼吃虾，虾吃藻类，是普遍存在的，它反映了该生态系统中各生物之间的关系。这一条食物链，包括大鱼、小鱼、虾、藻类四个营养级。又如草场上，牧草→蝗虫→蛙→蛇→鹰就是一条具有五个营养级的食物链。

按照生物间的相互关系以及食物链的性质和功能，一般可把食物链分为五种类型：

（1）草食性食物链：以植物为取食对象的食物链。如牧草→羊；玉米→猪等。

（2）肉食性食物链：是动物之间小的被大的所食，强的被弱的所食。如野兔→狐狸→狼；蝗虫→青蛙→蛇等。

（3）碎食性食物链：此种食物链以碎食为基础，高等植物枝叶的碎片经细菌和真菌的作用，再加入微小的藻类构成。如，秸秆→蚯蚓→鸡；藻类→虾→鱼→鸟等。

（4）寄生性食物链：以大动物为基础，由小动物寄生在大动物身上而构成。如，鸟→跳蚤→原生动物→细菌→过滤性病毒；马→马蛔虫→原生动物等。

（5）腐生性食物链：以腐烂动植物尸体为基础，被土壤、水及底泥中的微生物分解利用，构成了这种食物链。

在小流域生态系统中有许多食物链，但一种消费者通常不是只吃一种食物，或同一种食物可能被不同种的消费者所食，所以多条食物链相互交织、联结在一起形成复杂的食物网。能量流动和物质转换就是通过食物链或食物网进行的。

在生态系统中，能量从低级营养级到较高营养级逐级递减，形成金字塔分布，称之为生态金字塔（图1-1）。

草食动物消化植物性食物，其能量转化效率一般为5%~20%，肉食动物消化动物性食物的能量转化效率一般为3%~15%。粗略计算，每一营养级的转化效率大约为10%，也就是说，能量流经一个营养级，消耗高达90%左右。而植物对于太阳辐射能的吸收和固定效率一般只有0.1%~1.0%，即只有1%甚至更少的太阳辐射能被植物光合作用所吸收，并进入小流域生态系统。

生态金字塔理论是一个很重要的基本原理，了解生态金字塔，对于我们合理安排小流域产业结构和人地比例等问题有着重要作用，同时，也是我们改进小流域生态系统结构，提高系统生

产力的基础。

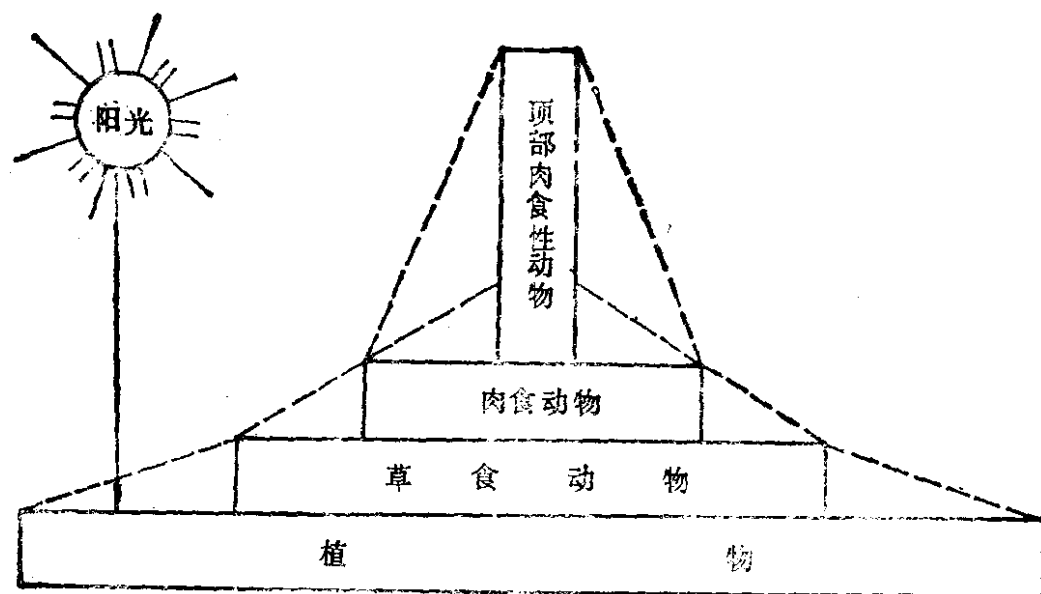


图 1-1 生态金字塔

第三节 小流域生态系统的功能

小流域生态系统和其它生态系统一样，能量都在不停流动，物质也在不断循环，二者通过信息联系，形成一个不可分割的统一整体。生态系统的能流、物流以食物链为输送渠道，在营养结构的基础上进行。能量流动、物质循环和信息传递构成了小流域生态系统的三大功能。

一、能量流动

小流域生态系统最初能量，都来源于太阳的辐射能。生态系统中的能量流动是按热力学定律进行的。能量可从一种形式转变为另一种形式，在转换过程中，不会消灭，也不会增加，即能量守恒；能量总是沿着从集中到分散、从能量高到能量低的方向传递，在传递过程中又总会有一部分成为无用的能放散。小流域生态系统通过绿色植物，把太阳能转变为化学能，然后沿着食物链

营养级单向、逐级向顶部方向流动，在每一级上以热的形式在呼吸作用过程中消耗。因此，小流域生态系统必须源源不断地从外界获取能量（图1-2）。

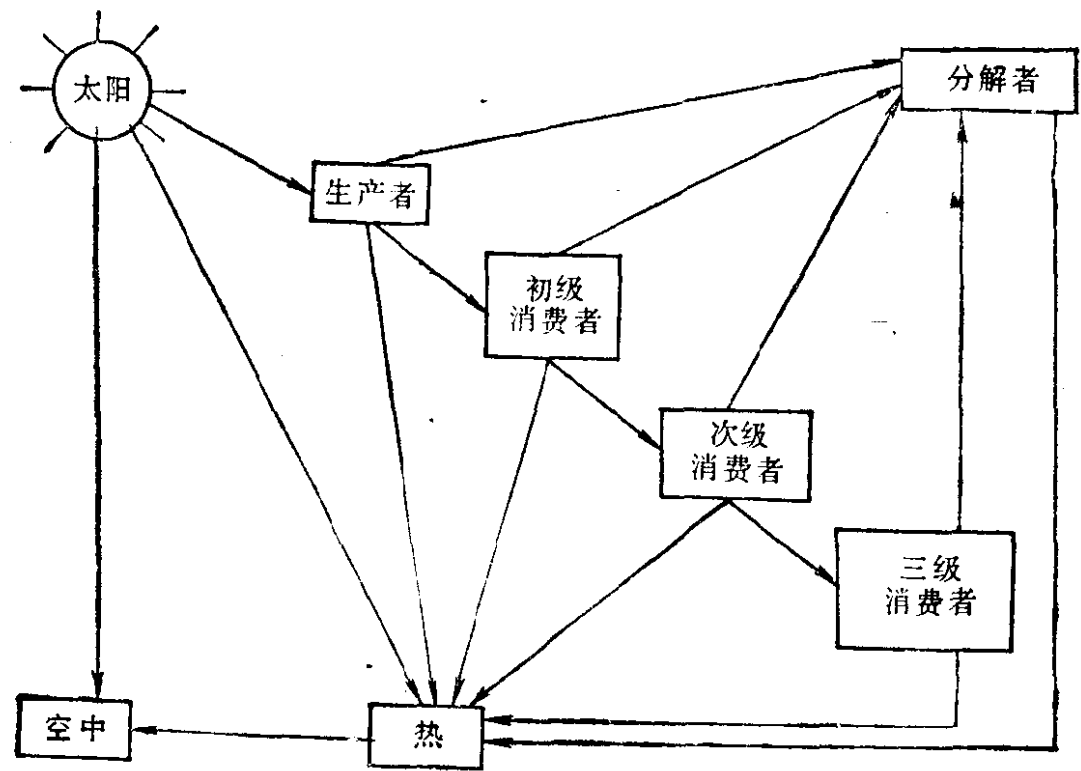


图 1-2 生态系统的能量流

从一个营养级到另一个营养级的能量转化效率约为10%，即前一段总能量的10%左右被下一级所同化，其余为呼吸所消耗，这就是林德曼（Linderman）的“百分之十定律”。也就是说，在每一级的能量传递过程中有90%的能量被无效消耗，因而能量在营养级上的分配总是逐级减少的。

二、物质循环

物质也同样按能量流动的途径运转，但不同的是，物质运转是循环的：环境中的营养物质被生产者吸收，通过消费者的取食，使物质逐级转移。各种有机物质经过分解者分解成无机物质返回环境，供生产者再吸收利用，这就是物质循环的模式。碳、氢、氧、氮、磷、硫是构成生命有机体的主要物质，占原生质成分的97%，也是自然界的主要元素。因此，上述元素的循环是生态系统基本的物质循环。另外，锰、锌、铜、钼、钴、钙、镁、钾等

生物需要的微量元素，在生态系统中也构成了各自的循环。

例如，在太阳能和地表热能的作用下，小流域内的水不断被蒸发成为水蒸气，进入大气。在大气环流的作用下，水蒸气遇冷凝聚成水，在重力的作用下，以降水的形式落到地面。小流域内降雨后，经过植被截留、填洼、下渗和蒸发，其余降水便形成径流，按照梁、坡、沟的顺序，流出小流域以外。同时在较长的时间内，地下渗流除去本流域的开挖利用，其余部分也沿着渗流方向，流出流域以外，连同地表径流一起参加水的大循环。水是一切生命肌体的基本组成物质，也是新陈代谢活动所必须的物质，在小流域生态系统中，水是能流与物流的介质，对调节气候和净化环境起着重要作用。

三、信息传递

在小流域的能量流动、物质循环过程中，伴随着大量营养、化学、物理和行为等各种信息。

（一）营养信息

通过营养交换的形式，把信息从一个种群传递给另一个种群，或从一个个体传递给另一个个体，即为营养信息、食物链（网）即是一个营养信息系统。以草本植物→鹌鹑→鼠→猫头鹰组成的食物链为例，当鹌鹑数量较多时，猫头鹰大量捕捉鹌鹑，鼠类很少被害；当鹌鹑较少时，猫头鹰转为大量捕食鼠类。如此通过猫头鹰对鼠类捕食的轻重，向鼠类传递了鹌鹑多寡的信息。

（二）化学信息

生物在某些特定条件下，或某个生长发育阶段，分泌出某些特殊的化学物质，这些分泌物对生物不是提供营养，而是在生物的个体或种群之间起着某种信息的传递作用，即构成了化学信息。如蚂蚁可以通过自己的分泌物留下化学痕迹，以便后者跟随。猫、狗等可通过排尿标记自己的行踪和活动区域。

（三）物理信息

鸟鸣、兽吼、颜色和光等构成生态系统的物理信息。鸟鸣、兽吼可以传达惊慌、安全、恫吓、警告、嫌恶、有无食物和要求