

裴铁璠 于系民 金昌杰 姬兰柱 关德新 著

生态动力学



科学出版社

内 容 简 介

本书是作者们多年来研究“生态动力学”问题的概括总结。主要内容包括:生态动力学定义、内容、分类、学科特点及发展方向;生态动力源汇与生态动力效应、生态动力数学模拟与系统方法、生态动力预报、生态建设和生态经济模式;还有农田、森林、草原、湿地、海洋等主要生态系统动力学以及昆虫与其他动物生态动力学。

本书可供生物学(含农、林、牧、渔)、地学(含水文、气象、湿地、海洋)领域的科技人员以及应用数学力学、系统科学、数量经济领域的研究人员参考,也可供有关研究部门和大专院校师生阅读。

生 态 动 力 学

裴铁璠 于系民

金昌杰 姬兰柱 关德新 著

责任编辑 孙桂荣 史增启

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮编 100717

沈阳新华印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001年12月第一次印刷 印张:35

印数:0001—2000 字数:835千字

ISBN 7-03-010068-9/Q·1133

定价:85.00元

序 言

20 世纪以来,随着科技进步和社会生产力的极大提高,人类创造了前所未有的物质财富。与此同时,人口剧增、资源紧缺、环境污染、生态破坏,严重地阻碍经济发展和人民生活质量的提高,进而威胁着全人类未来的生存与发展,为此,人类必须努力寻求一条人口、资源、环境和经济发展相协调的可持续发展道路。

可持续发展的思想与实践由来已久。然而,作为科学术语提出却是在近 20 年。20 世纪 60 年代以生态学家为主开展了国际生物学计划(IBP),70 年代进行了国际人与生物圈计划(MAB),还有 80 年代国际地圈与生物圈计划(IGBP)。在上述三个研究计划基础上,80 年代后期在国际自然和自然保护同盟(IUCN)、世界野生生物基金会(WWF)和联合国环境开发署(UNDP)的支持下制定发布的《世界自然保护大纲》(WCS)中第一次提出“可持续发展”。特别是,1997 年著名生态学家 E. P. Odum 在《生态学:科学和社会的桥梁》这本书中提到“生态学是一门联系生物、环境和人类社会有关可持续发展的系统科学”。由此看来,深入研究并拓展生态学是实现可持续发展不可或缺的基础工作。

生态学研究,初期着力于生物与自然环境因素之间的关系。随着生态系统概念的出现,相继开展了生态系统结构、功能和生产力研究。由于多为定性描述与分析,难以认识生态系统的复杂性、稳定性及其维持机制,必须深入研究生态系统结构、功能和生态过程。最近有大量这方面研究文章发表在 *Science* 和 *Nature* 杂志上。Costanza 等和 Goulder 等测算了生态系统服务功能。生态系统除市场价值外,每年提供的服务功能价值至少 33 万亿美元,相当全世界 GNP 的 1.8 倍。这一研究成果发表在 1997 年 5 月的《自然》杂志上,在科学界引起了较大反响。它以定量形式揭示了生态系统服务功能的巨大价值。尽管这种研究是初步的,还有待完善。但是,它有助于推动全球价格管理系统的变革,有助于推动生态学从定性描述与分析走向深层次的生态过程原理研究。通过对生态系统结构、功能的深入研究,特别是生态过程研究,可以进一步了解生态系统

结构与功能的关系、生态系统对地球环境——水圈、岩石圈(包括土壤)、大气圈和生物圈(研究对象以外的生物)产生什么影响与响应及其程度,可以认识生态过程的特征规律、生态功能在生态过程中的时空变化、生态系统健康运行和可持续发展的生态动力学机制。要完整准确理解生态过程与可持续发展机制,传统的生态学难当此任,必须借助与数学、物理学、化学等学科交叉研究,特别是要借助于物理学中的动力学知识。生态动力学就是在可持续发展的社会需求与生态学的学科发展需求中应用而生。生态动力学是生态学和动力学之间的一门交叉学科,研究生物、环境和人类社会相互作用及可持续发展的动力学机制与途径。

《生态动力学》作者们,多年来一直致力于在生态学和动力学之间架起一座桥梁,试图把动力学融于生态学之中。通过观察、实验、分析、综合生态学中的动力学问题,同时参考国内外相关文献,总结并提炼出《生态动力学》这本专著。它主要介绍了生态动力学基本内容与分类、生态动力效应、生态动力预报、常用数学方法与系统研究方法、生态动力学理论价值与实际意义;还分述了农田、森林、草原等七个领域生态系统动力学。《生态动力学》迎着 21 世纪的曙光向我们走来,我们为它祝贺!正如著名数学家控制论创始人 Wiener 所说:“在科学发展上可以得到最大收获的领域是各种已经建立起来的部门之间的被忽略的无人区”,《生态动力学》正是作者们在生态学与动力学之间辛勤耕耘的收获,坚信它必将推动生态学的学科建设,促进可持续发展,为世界和平与稳定、人类繁荣昌盛作出应有的贡献!

王角祥

2001 年元月

前 言

当今,随着人口剧增,工农业迅猛发展,人类活动强烈地干扰了地球上的自然生态系统,造成生态破坏、生态系统功能减退,甚至衰歇。人类倘若再不规范自己的行为,协调人与自然的关系,将会随着社会经济的发展而走向毁灭。这不是危言耸听,而是有目共睹的现实。呼吁全人类全社会行动起来,都来保护与恢复自然生态系统。特别是生态学家应尽快找出既发展经济又不破坏环境的可持续发展途径,为人类社会做出应有的贡献。

走可持续发展道路,研究并发展生态动力学是一项不可缺少的基础工作。生态动力学是生态学和动力学之间的一门交叉学科,研究生物、环境和人类社会相互作用及可持续发展的动力学机制与途径。本书作者在多年的科学研究生涯中,一直致力于在生态学和动力学之间架起一座桥梁,试图把动力学融于生态学之中,出版一部《生态动力学》专著,在这朦胧且大胆的设想驱动下,踏上了研究并撰写《生态动力学》的征程,长途跋涉,殚精竭虑。

生态动力学,迄今,在国内尚未见到。W. S. C. Gurney 和 R. M. Nisbet 最近出版了生态动力学(*Ecological Dynamics*),它与本专著写作思路迥然不同,主要包括方法和技术与个体生态系统两部分。方法和技术中主要讲述了生态模拟、动力学和动力学家常用数学方法;个体生态系统主要介绍了模拟个体、单种群和种群间相互作用。而本书主要以生态过程中动力学机制为核心,阐释生态功能与可持续发展途径。

本书选题由裴铁璠提出。

全书共分四篇十七章,第一篇一至六章;第二篇七、八章;第三篇九至十一章;第四篇十二至十七章。

第一、二、七、八、十、十三、十五、十六章,由裴铁璠执笔;

第三、四、五、六、九、十一章,由于系民执笔;

第十二章,由金昌杰执笔;

第十七章,由姬兰柱执笔;

第十四章,由关德新执笔。

全书统稿由裴铁璠完成。

由于本书涉及内容极其广泛,作者的知识深度和广度极为有限,缺点与错误在所难免,诚请读者批评指正。

作者
2001 年元月

目 录

序 言	(I)
前 言	(III)
第一篇 绪 论	(1)
第一章 生态动力学的定义及其在科学中的位置	(2)
第一节 生态动力学定义	(2)
第二节 生态动力学在科学中的位置	(3)
第二章 生态动力学的基本内容	(6)
第一节 生态动力学的基本内容	(6)
第二节 生态动力学理论体系构成	(7)
第三节 应用生态动力学的主要内容	(8)
第三章 生态动力学分类	(10)
第一节 依生态因子分类	(10)
第二节 依所研究对象分类	(10)
第三节 依生产和生活需求分类	(11)
第四节 依自然地理环境分类	(11)
第五节 依研究时期和年代分类	(11)
第六节 依研究方法或资料分类	(12)
第四章 生态动力学的孕育与形成过程	(14)
第一节 关于生产和生活方面的根源	(14)
第二节 生态动力学形成的科学支柱	(14)
第三节 生态动力学形成的技术依托	(16)
第四节 生态动力学形成的人力基础	(16)
第五章 学科特点、发展目标与存在问题	(19)
第一节 学科特点	(19)
第二节 学科发展目标	(20)
第三节 学科面临的困难和问题	(20)
第六章 发展生态动力学的科学方法论	(22)
第一节 概 论	(22)
第二节 瞄准方向 科学选题 主动出击	(26)
第三节 创造方法论	(34)
第二篇 生态动力源及其应用	(43)
第七章 生态动力源	(44)
第一节 概 论	(44)
第二节 太阳辐射能在生态动力源中的主导地位	(47)
第三节 重力生态动力源	(55)

第四节	种子与营养生态动力源	(62)
第五节	人类活动生态动力源	(68)
第六节	生物圈 - 大气圈相互作用	(69)
第八章	生态动力效应	(82)
第一节	概 论	(82)
第二节	生态动力功能与森林植被关系	(84)
第三节	荒漠 - 绿洲系统的非线性生态动力数学模造	(92)
第四节	生态动力相似计算	(98)
第三篇	生态动力学研究方法	(107)
第九章	生态动力数学模造与系统方法	(108)
第一节	生态动力模造及若干数学方法的应用	(108)
第二节	混沌生态动力论	(117)
第三节	突变论模拟与突变性生态动力控制	(138)
第四节	Monte Carlo 模拟	(148)
第五节	温度调节的 MDP 模型	(154)
第十章	生态动力预报	(163)
第一节	概 论	(163)
第二节	物候 - 动力生态预报	(168)
第三节	生态产量预报	(176)
第四节	植物病害的生态动力预报	(185)
第五节	Марков 链在生态动力资源预报中的应用	(190)
第六节	平稳随机序列的生态动力预报方法	(199)
第七节	生态动力预报的数值模拟技术	(206)
第八节	新方法应用滞后时间的探讨	(215)
第九节	氮源分配的生态动力与统计预报	(220)
第十一章	生态建设与生态经济模式	(224)
第一节	生态建设优化设计的运筹方法	(224)
第二节	生态基地建设及优选	(241)
第三节	生态资源开发评价	(250)
第四节	生态经济效益评价	(254)
第四篇	主要生态系统动力学	(271)
第十二章	农田生态系统动力学	(272)
第一节	太阳辐射与农田生态动力	(272)
第二节	植物光合作用速率计算	(275)
第三节	农作物抗风性研究及其应用	(279)
第四节	风对果树的危害及防御	(285)
第五节	温室通风模式及其生态动力意义	(299)
第六节	塑料大棚温度场控制	(307)
第七节	最优灌水量模式	(312)
第八节	真菌孢子传输扩散模式	(318)

第九节	鱼塘生态动力最优控制理论	(326)
第十节	农业生态动力的模式识别	(333)
第十三章	森林生态系统动力学	(340)
第一节	天然林可持续发展模造	(340)
第二节	采伐强度对森林生境影响的预报	(346)
第三节	非对称采伐对径流影响的动力学模拟	(354)
第四节	枯枝落叶滞蓄地表径流的生态动力学模造	(357)
第五节	树干径流过程及动态响应模型	(361)
第六节	森林蒸发散	(369)
第七节	树木风倒模型	(374)
第八节	林作物氮素循环	(383)
第九节	干扰和胁迫对森林的影响	(390)
第十节	森林中 CO_2 时空分布	(396)
第十四章	草原生态系统动力学	(405)
第一节	草原生态动力模拟	(405)
第二节	树-草相互作用动力学模式	(408)
第三节	热带草原群落的生理生态群集及平衡系统	(417)
第四节	高寒草甸气候生产潜力数学模式	(421)
第五节	牧草生长预报	(425)
第十五章	湿地生态系统动力学	(431)
第一节	湿地生态系统蒸发与水更新	(431)
第二节	大型植物动力学模拟	(440)
第三节	湿地中磷和固体悬浮物的模造	(446)
第四节	干扰对湿地的影响	(449)
第五节	湿地恢复与评价的生态学问题	(456)
第十六章	海洋生态系统动力学	(463)
第一节	海洋生态系统模型与浮游生态系统的动力功能	(463)
第二节	港湾生态系统动力学	(474)
第三节	封闭环境赤潮发生过程的生态动力模造	(481)
第四节	大马哈卵鱼-鱼卵动力模式	(488)
第五节	远洋繁殖鱼类的定位与海洋生态动力学问题	(494)
第十七章	昆虫与其他动物生态动力学	(500)
第一节	昆虫迁飞扩散问题	(500)
第二节	传粉的生态动力模造	(510)
第三节	种群动态与成本优化模型	(516)
第四节	动物营养生态动力学	(528)
第五节	捕食者-食饵的相互作用及生物稳健性	(540)
后 记		(549)

第一篇 绪 论

生态动力学(ecological dynamics 或 ecological kinetics)作为一门独立学科被提出并用一本书把它写出来,许多读者似乎感到突然;但大多数生态专业工作者在过去的科研、教学以及科技开发实践中,都已经不同程度地接触到这方面的知识。所以说,尽管作为一本书,人们不太熟悉它,但相关学科的专业人员,诸如生物学领域中的生态学、生理学、生物化学、动植物分类学、微生物学等方面的科技人员;非生物学领域中,水文学、气象学、海洋学、地质学等方面的科技工作者;数学科学领域的数学分析、概率论、运筹学、微分拓扑方面的应用研究者;技术科学领域的计算技术、信息自动化技术等方面应用人员,都会发现,本书研究内容,与他们的专业有着一定联系,甚至有密切关系。

在“绪论”这一篇,我们将概括地阐述生态动力学的定义及其与其他学科的关联,说明该学科在各个有关学科中占据的位置,进而分析该学科的主要内容、分类、学科特点、研究方法、学术与应用价值。

还要讲述生态动力学形成的物质暨实践基础、科学背景、技术依托及其从孕育到初步形成的过程。展望其发展前景,评述在未来发展中可能遇到的若干问题。在第六章,初步论述该学科的科学方法论,侧重于所涉及自然辩证法的几点主要认识。作为“绪论”,上述内容只能是概括,详细的论述当然体现在或者说渗透于本书另几篇的各个章节之中。

第一章 生态动力学的定义及其在科学中的位置

本章将依作者的认识,讨论生态动力学的定义及其在自然科学各学科中的位置。生态动力学与社会科学中的经济学亦有一定关系,这将在本书第十一章具体论述。

第一节 生态动力学定义

从生态动力学的词义上,不难看出,它是生态学(ecology)和动力学(dynamics 或 kinetics)之间的一门边缘学科。与其他边缘学科一样,生态动力学必然有机地联系着生成它的两个母体学科——生态学和动力学,因此在给出生态动力学定义之前,有必要回顾一下两个母体学科——生态学和动力学。

据我国著名生态学家孙儒泳院士介绍,自 Haeckel 以来, Warming (1909), Elton (1927), Braun - Blanguet (1932), Кашкаров (1945), Odum (1956) 等多位学者给生态学下过定义,尽管在不同年代,然而各家所定义的生态学大同小异,通常概括为生态学是研究生物与环境关系及其相互作用的科学,隶属于生物学。按研究方法、对象及生物组建水平,分支极多。主要有统计生态学、系统生态学、海洋生态学、陆地生态学、动物生态学、微生物生态学、个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学。陆地生态学中又包含森林生态学、农业生态学、草原生态学和湿地生态学等。生态学关系到人类赖以生存的物质需求和生态环境方方面面,是一个极为庞大而繁杂的学科。

20 世纪初以来,随着科技进步和社会生产力提高,人类创造了前所未有的财富。与此同时,人口剧增,资源短缺,环境污染和生态破坏,严重地阻碍经济发展和人民生活提高,继而威胁着全人类的未来生存与发展。当今社会向生态学研究提出了严峻的挑战,必须寻求一条经济、社会的发展与资源、环境相协调的可持续发展道路。世界著名生态学家 E. P. Odum 高屋建瓴,对经典生态学提出了修改意见,他于 1997 年在《生态学:科学和社会的桥梁》这本书中明确指出:“生态学源于生物学,然而越来越独立于生物学,是综合研究生物、环境和人类社会之间关系的科学,是一门系统科学”。现代生态学与经典生态学不同点就是将人类活动融于生态学中来,不单单研究生物和环境之间的相互作用,而且要研究生物、环境和人类社会三者之间的关系及其相互作用规律。

下面再来看动力学,它是理论力学的分支学科,研究作用于物体的力和物体运动的关系。17 世纪意大利物理学家、天文学家伽利略创建了动力学。动力学包括质点动力学、质点系动力学、刚体动力学和达朗伯原理等。动力学普遍定理(general theorems of dynamics)包括动量原理、动量矩定理、动能定理和质心运动定理。动力学普遍方程为拉格朗日 - 达朗伯方程。有些学者把动力学和运动学合称为 dynamics,在这种情况下动力学用 kinetics 表示,而运动学用 kinematics 表示。

基于上述两个母体学科特征和动力学早已渗透到生态学中,并日益显示出生态动力

学作为一门独立学科的重要性与必要性,于是在这里我们正式提出生态动力学(eco-dynamics 和 eco-kinetics)这门边缘学科。生态动力学是生态学和动力学的交叉学科,研究生物、环境和人类社会相互作用及可持续发展的动力学机制与途径。生态动力学要研究与生态学直接有关的,而并非与生态问题不直接联系的一般的动力学问题。

第二节 生态动力学在科学中的位置

在前一节,我们已经规定了生态动力学是广义的生态学的一个组成部分,即它是生态学的一门分支学科,这便限制了它的基本范围。生态动力学有两个直接的基础学科即生态学和动力学。这里所说的生态学涉及宏观和微观的各种生态学分支,也涉及针对不同研究对象进行分类的各种生态学分支,大体包括植物生态学、动物生态学、微生物生态学、生态遗传学、生态形态学、生态生理学、生态解剖学、气候生态学、土壤生态学、森林生态学、农田生态学、家畜生态学等。这里所说的动力学涉及运动系统中的不同尺度的运动,即从微观到宏观尺度的运动,从水平尺度来说,有:分子平均自由路径, 10^{-5} cm;湍流涡动, $1 \sim 10$ cm;小的涡动, $10 \sim 10^2$ cm;尘埃运动, $10^2 \sim 10^3$ cm;直到大气平均纬向风, 10^9 cm。表述这些运动的力有张力、引力、应力、压力、科里奥利力等等。由于生态学和动力学是分别建立在普通生物学和数学基础上的学科,而在研究中又须不断地寻求它们之间的内在关系,所以数学中的许多先进方法,在生态动力学这门学科中有重要意义。当然,数学在生态学中的应用,在 20 世纪 20 年代以前是很不充分的,其应用是随着科学本身的发展和技术设备的更新而逐步发展起来的。“任何一门科学,只有在成功地应用了数学,才算真正达到了完善的地步”,这句 19 世纪的名言,从哲学上,从自然辩证法的高度,为运用数学发展各门科学指明了方向。在非数学领域的各门科学中,物理学(含力学、热力学、电学、光学、声学和原子物理学)和天文学是用得最早的,其次是化学,地球科学,直至 20 世纪在生物学中用得越来越多了。由于数学的应用,才解决了生物学中的许多难题,如遗传密码问题等。20 世纪中期 DNA(脱氧核糖核酸)双螺旋结构的发现得益于数学重要分支的拓扑学中的拓扑纽结理论的运用。生态学虽是生物学中的一个古老分支,但在我国现代科学中起步尚晚。30 年代,只是在极少数院校才讲授这方面的课程。我国出版的生态学书籍,如 50 年代初译出 Warming 的《植物生态学》和 Шеников 的《植物生态学》;50 年代中国学者写的书有乐天宇的《植物生态学》(1958)和何景的《植物生态学》(1959)两本,其中并没有运用现代数学方法研究生态学的内容。社会越进步,科学越发展,运用数学解决问题的事例就越多,生态学也是这样。从目前可以见到的与生态学有关的论著,运用数学说明问题和解决问题者,越来越深入,越来越广泛。至于在动力学方面,从一开始,就一直使用数学方法定量地解决问题。所以,从生态动力学直接依赖的两门基础学科来说,数学是研究生态动力学的最重要的学科基础和工具。

生态动力学直接依赖于地球科学与生物学中非生态领域其他众多学科的发展。在古代,科学的分支尚不是那么明细的时候,生态学事实上已孕育于广义的自然地理学之中,以游记的形式被记录下来,记录这些地理景观者,起初并不是什么专门考察自然的人,当然更谈不到是地理或生态专家了。如唐代柳宗元写的《小石潭记》,宋代欧阳修写的《醉翁亭记》,有许多关于当地自然地理状况和生物生长发育与水文、气候、土壤、地貌关系的

描述,拿今天的认识水平来看,可以说富有生态学的内涵,尽管至今人们也并不认为柳宗元、欧阳修等是自然科学工作者。在古代,随着人们对自然认识的加深,对生物与环境关系的研讨越来越广泛了,地理学知识丰富起来,书面资料和口头流传的科学谚语也多起来。有专门的旅行者、考察者,他们掌握了在其生活年代属于先进的自然科学知识,对考察对象能观察分析,往往用游记或记行文字的形式把它们写出来,流传至今。比如人们熟知的作品:宋代沈括著《梦溪笔谈》,元代意大利来华考察的马可·波罗的《东游记》,明代徐霞客所著《徐霞客游记》等,都是其中的代表,而《徐霞客游记》则可以认为是地理学专著。从古代的书籍,尤其是涉及地理学方面的书籍,几乎无不含有生物与环境关系的内容,这说明研究生物是离不开地理学的。进一步来说,用游记形式以文字或简单的地图描述地理状况、记录事实、论证方法的古代地理学,与现代地理学可以说相差甚远。根据考察和国外一些记载,是亚历山大·冯·洪堡(A. von. Humboldt 1769 ~ 1859)和卡尔·李特尔(K. Ritter 1779 ~ 1859)首先确立了近代地理学。洪堡的科学考察范围是相当广的,他考察过瑞士、意大利和南美洲的许多地区,写出《宇宙》这部名著。他考察地质、气候、地貌,是首先利用测量学方法观察地理现象的科学家之一。他倡导对地理现象进行定性和定量研究,从像百科全书那样的地理记述中,找出定量的系统结果,这可以说有了生态动力与地理学相结合的朴素思想。李特尔则以自然现象作为研究对象,研究自然现象与人类的关系。他的代表作是《在自然和人类历史之间关系方面的地理学》。在19世纪后半期,地理学家研究了地形的成因。德国的里切霍芬(F. von. Richehofen 1833 ~ 1905)、彭克(A. Penck 1858 ~ 1945)和美国的戴维斯(W. M. Davis 1850 ~ 1934)等完成了侵蚀循环的学术研究,是用动力学解释侵蚀和生态环境变化的科学,事实上含有生态动力学的原始内核。随着地球科学的发展,形成了它的许多既相互独立又有密切联系的分支学科。据作者观察与分析,这些学科中的水文学、气象学、土壤学、地貌学、海洋学是生态动力学的地学基础。因为在岩石圈、水圈、大气圈与生物圈相互作用中,它们起到纽带的作用,对生态动力源作用于生命有关键意义。在生物科学中,生理学、遗传学、微生物学是生态动力学的生物学基础,建立在地学、生物学之基础上的生态动力学的主干,形成它本身的分支,而这些分支又服务于具体的应用部门——农业、医疗卫生、牧业、林业。我们用一棵简明树形图即可说明。如图1-1所示,该学科的总体可看成树干(或躯干),它植根于地球科学与生物科学的相互作用之中,当然比地学、生物学更基础的学科是数、理、化,这已被公认,在本图中没有必要详细绘出。现只说明一下生态动力学中运用数学这一基础工具的概况:一方面,生成生态动力学的两个学科——动力学和生态学,无论其中哪门学科用到的数学,生态动力学本身都能应用,这主要是一些经典的数学理论与方法,如数学分析、解析几何、高等代数、数学物理方程、概率论及数理统计;涉及生态动力预报的许多应用数学方法;除上述外,还有人工智能方面的专家系统、模式识别等。另一方面,在本书中,有许多比较新的数学理论与方法,应用于生态动力学研究,诸如类属于运筹学的马尔可夫决策规划(Markov Decision Programming)的多阶段模型和折扣模型,决策、对策模型,以控制论(cybernetics)理论为基础的句法和属性文法的模式识别,以突变论、协同学和耗散结构理论为指导的生物灾害突变模型,属于概率论与计算数学边缘学科的Monte Carlo方法以及以数论在概率统计中应用为基础的均匀设计(uniform design)等。

总之,从图1-1可见,树干功能是:一方面向下,不断地从树根中汲取水分和养分,另

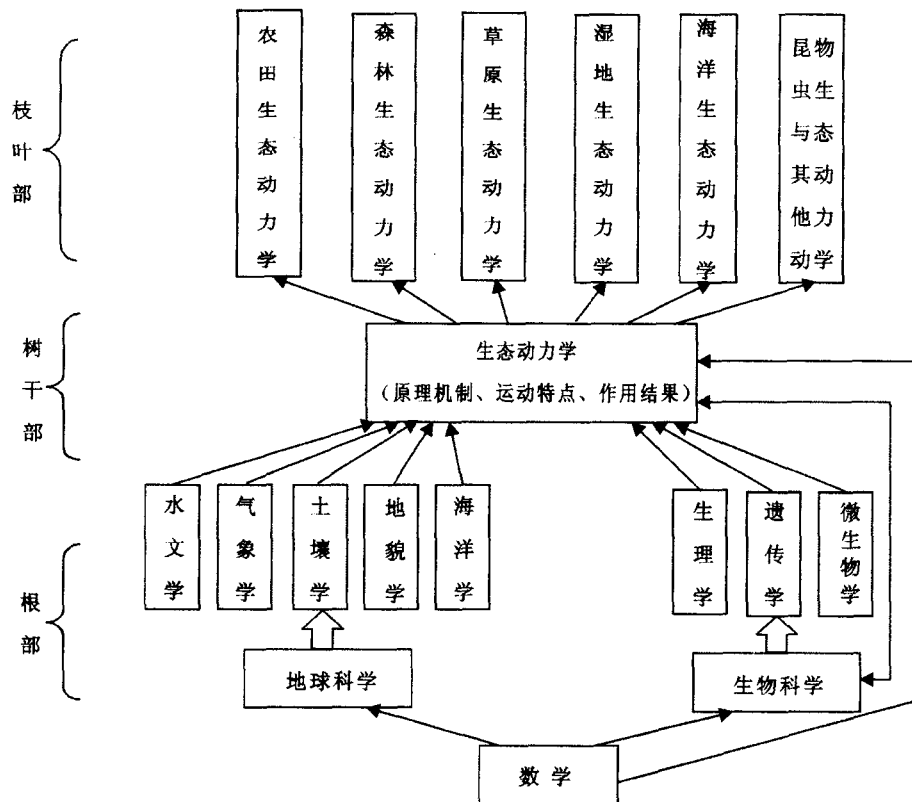


图1-1 生态动力学与其他学科关系

一方面向上把水分和养分供应给不同对象,哺育成许多分支学科,即图中所示的树枝,当然进一步还可以画出叶。作为分支再分支的枝叶,是各自独立分支学科,同时又交叉地服务于生产和人类生活。

参 考 文 献

马世骏,1990. 现代生态学透视. 北京:科学出版社.

Ehrlich, P. R. and Roughgarden, J. 1987. *The Science of Ecology*. New York: Macmillan.

第二章 生态动力学的基本内容

生态动力学的内容十分丰富。现从学科理论建立、数据来源及可能应用等方面综合考虑,从如下三个方面概述其基本内容。

第一节 生态动力学的基本内容

生态动力学或称之为普通生态动力学(*general ecological dynamics* 或 *general ecological kinetics*)无论涉及哪个分支,都有共同的研究内容。正如气象学从基础上可分为一般大气物理学、气象仪器与探测方法、天气与动力气象学、气候学一样,生态动力学大体可以分为生态动力机制与功能、生态动力试验与仪器、生态动力观测与考察、生态动力预测、生态动力系统与生态建设等几个分科。本书第三章的分类方法中,无论涉及到哪个分类对象,都有上述几个问题,需要进行研究。每一项具体成果都是对一般生态动力学的强化与补充;而一般生态动力学又能指导和概括每一种具体的生态动力学问题。

生态动力机制与功能,从生态学与动力学的基础成果出发,针对所研究的对象,从理论上分析其动力机制,比如陆地上蝗虫迁飞与环境因子关系的动力机制,即蝗虫为什么迁飞,它的动态与什么因子有关,比如同气流关系,是哪一层的气流,哪个范围的气流。当然作为生态动力源(*eco-dynamic resource*)包括太阳辐射能、重力、营养力、人类活动力等对所研究之生物的作用。这里所说的生态动力源系指在自然界中直接或间接地以不同运动形式(机械的、物理的、化学的、生物的)对生物起到动力作用的任何物质,生态动力源本身可以是有生命的(如植物、动物、微生物、人),也可以是无生命的(如大气、土壤)。

生态动力试验,这部分涉及:生态动力试验的设计方法,比如是用正交拉丁方设计、优选设计,还是用均匀设计;试验设备的选用操作,比如是模拟试验(如风洞),试验仪器使用,如电子显微镜、光合作用分析仪、计算机模式识别设备,还是用机器人。

生态动力考察与观测,主要含:考察方案的设计,野外考察地域的确定,考察中注意的问题,考察报告的撰写。

生态动力预测,借助于其他学科的科学方法,对生态动力预测方法的总结,以便使用其指导各种具体的生态预测工作。这方面研究,不同于以往地球科学和生物科学的水文预测、气象预测与病虫害预测,它是将生物动态中有关生态问题与环境问题结合起来的预测,简言之,赋予预测以生态学与动力学交叉的内涵。

生态动力系统与生态建设,基于生态试验、观测、机理研究与预测,并为生态系统建设服务,也是生态动力研究的最终目标。它运用系统科学、混沌理论等多种系统方法来分析一个具体的或综合的生态动力系统,从中综合出有依据的结果,为生态建设和人类环境的优化,为抗御自然灾害服务,以便进一步向自然索取,向决策部门和生产者提出有科学依据的建议。使生态动力学这门新兴学科走向社会,逐步转化为直接生产力。

第二节 生态动力学理论体系构成

由于生态动力学理论体系属于初创阶段,必须经过以下几个方面努力,才能构造出基本理论框架。有以下七个方面。

一、生态动力源与生态动力汇原则的建立

这一部分在认定太阳辐射能在生态动力源中的主导作用的论述中,引入生态动力源与生态动力汇的基本概念,并对源和汇的相对分级加以说明。讲解森林与农作物接受太阳辐射而成为二级生态动力源的作用,生物圈与大气圈相互作用,最后说明非一级生态动力源-汇相互制约、形成循环的综合机制。

二、生态动力效应暨生态动力功能

研究生态动力正(负)效应暨功能强(弱)化的现实和机理,总结人类改造自然过程中引起生态功能变化的经验和教训。

三、生态动力学运用数学方法问题

这一部分主要研究现代数学方法在生态动力学中应用的目的、内容、方法和途径,为生态动力学从定性定量相结合研究逐步走向以定量为主,定量与定性相结合研究奠定比较坚实的基础。

四、生态动力预报问题

这一部分在总结以往与生态动力预报有关的自然科学方面其他预报理论与实践基础上,研究预报方法论,尤其是认识论,使生态动力预报一开始就比较自觉地纳入自然辩证法的合理轨道。全面评述可以归类于生态动力预报的各种方法,加以比较,提出业务化的初步设想。

五、生态动力学中的系统方法

研究系统科学中的运筹、控制、混沌、突变、协同、耗散、综合集成方法论与生态动力结合的原理、方法和应用效益。

六、生态动力建设有关问题

研讨生态动力学为促进科技发展、服务于国民经济,推出产业化的典型实例,从而为全面开展和逐步实现生态动力原理转化为直接生产力提出合理建议。

七、生态动力学发展的科学方法论

从总体上把握学科的研究、教学与应用的方向,使生态动力这个开放的复杂巨系统在系统学方法的指引下,迅速而稳健地发展起来。

第三节 应用生态动力学的主要内容

应用生态动力学是应用生态动力学基本理论于生态系统,研究其生物、环境和人类活动相互作用及可持续发展途径。

根据研究对象可分为陆地生态动力学和海洋生态动力学。陆地生态动力学主要包括农田生态系统动力学、森林生态系统动力学、草原生态系统动力学、湿地生态系统动力学、昆虫生态系统动力学、其他动物生态系统动力学、微生物生态系统动力学等,本书主要介绍以下六个部分,昆虫与其他动物合在一起。

一、农田生态系统动力学

主要介绍太阳辐射能、风等生态动力源对农林作物的影响、设施农业中温湿调节、最优灌溉量模式及农业生态动力模式识别。

二、森林生态系统动力学

这部分包括天然林可持续模造,森林水文功能及其动力学模拟、自然和人类活动生态动力源对森林生境与水文功能影响的动力学模拟以及森林碳、氮循环等问题。

三、草原生态系统动力学

包括草原、草-树生态动力模拟、热带草原生态动力学问题、高寒草甸气候生产潜力模拟,还有牧草生长预报等。

四、湿地生态系统动力学

湿地生态系统动力学介绍了湿地生态系统水文气象功能、湿地植物动力学模拟、湿地生态系统演替动力学、人类活动动力源对湿地生态系统的影响、湿地中某些物质动态模拟。

五、海洋生态系统动力学

主要叙述了海洋生态系统动力学模造与浮游生态系统动力功能、大马哈卵鱼-鱼卵动力模式、赤潮发生过程的生态动力模造、远洋繁殖鱼类的定位与海洋生态动力问题、港湾生态系统动力学等。

六、昆虫与其他动物生态动力学

主要有昆虫迁飞扩散动力问题、花粉传播动力学模造、种群动态、捕食者-食饵相互作用及生物稳健性,动物营养生态动力学等。

参 考 文 献

马世骏,1965. 昆虫动态与气象. 北京:科学出版社.

竺可桢、宛敏渭,1999. 物候学. 北京:科学出版社.

谭洪治,1988. 微生物学. 北京:高等教育出版社.

Schaffer, W. M. 1986. Chaos in ecological systems; the coals that Newcastle forgot. *Trends in Ecological Systems*, 1,63.