

李文华. 我国生态学研究及其对社会发展的贡献. 生态学报, 2011, 31(19): 5421-5428.

我国生态学研究及其对社会发展的贡献

李文华

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

生物自其在地球上出现就与环境有着紧密的联系,人类在长期的生活和生产实践中早已注意到这种关系,并自觉或不自觉地运用这种规律来指导自己的行动。朴素的生态学思想早在公元前 2000 年就已见诸于古希腊和中国的著作和民歌谣中,但直到一个半世纪前,随着资源开发和生产的需要,以及博物学、生物学、生理学和地理学等学科的知识积累,生态学才作为一门研究生物与环境相互关系的学科出现在科学的历史舞台上。在生态学发展初期,由于其纯自然主义倾向和局限于对自然规律的观察、描述,同时也由于学科本身缺乏明确的理论体系和独特的研究方法,加以过多的名词和术语的争论,生态学发展缓慢,在科学界甚至对生态学的地位和作用存在着不同的看法与争议(McIntosh, 1985)。

20 世纪 60 年代以后,人口、经济与资源、环境的不协调发展造成的全球性问题日益激化。生态学所固有的非线性思维模式、系统观点及其多学科研究的传统和近代发展起来的监测与模拟方法等,为探索解决危机的途径提供了科学基础与框架。当代生态学的研究积极参与解决人类发展与自然不相协调所造成的一系列迫切问题,生态学的作用不单纯是作为一个学科参与其过程的探索,还在于它为自然科学和社会之间架起了一道桥梁(Odum 1972, 1997)。中国的生态学也是在这样一个大背景下不断发展起来的。

1 中国生态学发展的五个阶段

我国幅员辽阔,自然条件多样,多样化的生态系统为进行系统的生态学研究提供了一个良好的天然实验室。同时,我国作为一个文明古国所蕴藏的哲学思想,对今天的生态学研究也具有重要的启迪与指导。而且我国劳动人民在数千年的生产实践中,已经摸索并总结了一套既符合生态学理论、又具有可持续发展思想的实践经验与技术体系。然而,我国特别是西部的生态环境特又是脆弱的,同时人口的急剧增多以及经济的快速增长又对生态环境带来了巨大压力,这对中国生态学的研究提出了更高的要求。

“生态学”作为一门科学在我国发展较晚,如果按照不同时期主导的研究对象和研究方向加以划分,大体上可分为 5 个时期,即朴素的生态学萌芽时期;生物与环境本底状况的调查和研究时期;初期的个体和群落的生态学研究时期;以生态系统结构和功能定位研究为主的系统生态学发展时期以及以全球变化、生物多样性和可持续发展为代表的现代生态学研究时期。尽管每个阶段不是截然分开的,但是每个阶段发展的基本特点是比较明显的。

1.1 朴素的生态学萌芽时期

这是一个漫长的历史时期,包括从我们的祖先在这块土地上定居,大体到新中国建立以前,在长期的生活和生产实践中形成了具有深刻生态学内涵的哲学思想、生活方式和生产模式。人们在生活、生产和长期利用自然资源的实践中对于许多生物的用途、分布规律、生物学和生态学特性以及在管理和保护方面积累了越来越多的经验。这些经验逐渐得到总结并给以文字的记述,其中一些包含着对生态学的深刻见解,迄今仍为生态学界所称羨。据研究,有关生物分布、物候、土壤、以及生物与环境关系的零星记载可见于春秋时期的《管子》一书中;有关农业生产的书籍最早见诸于 2000 年前,既包括对具体作物与环境关系的深刻理解,也包括对农作物栽培、园林设计、以及畜牧蚕桑管理经验的总结;到公元前 475—221 年的战国时代,对各种可更新资源

收稿日期:2011-08-10; 修订日期:2011-09-20

通讯作者 Corresponding author. E-mail: liwh@igsnr.ac.cn

<http://www.ecologica.cn>

合理利用的记述大为增加,如《禹贡》、《周礼》、《山海经》、《淮南子》、《吕氏春秋》等,这些著作是长期以来民间对生物与环境关系深刻认识的总结。

1.2 生物与环境本底状况的调查和研究时期

建国以来,我国的生态学家结合国家建设任务和以中国科学院为主组织的各类综合考察队,在系统地收集、整理我国的自然、社会和资源利用及区域开发方面的资料,进行了大量的野外考察与研究。其中包括建国初期我国政府组织的热带橡胶林地及农垦的调查,中国科学院自然资源综合考察委员会组织的一系列综合科学考察队,其范围包括了西藏、黄河中上游、黑龙江、新疆、青海、甘肃、内蒙、西南以及南方亚热带山地。这些考察不仅为我国地学、生物学科其后的发展其中也包括生态学在我国的发展奠定了基础,同时也为多学科的综合研究开创了先河。同时,针对国家建设的急需,对某些涉及生态的课题进行了专项调查研究(如橡胶、热带作物等)。此外,有关产业部门及其所属的调查和研究机构和高等院校也进行了大量资源和专题性的调查。这些资料对于认识我国自然资源特征,分类指导规划农、林、牧、渔各业的发展起到了重要作用,同时也为发展具有我国特色的生态学打下了坚实的基础。

1.3 初期的个体和群落的生态学研究时期

建国初期,我国的生态学研究主要是在个体、种群和群落水平上进行的。20世纪50年代,生态学家在全国各地森林、草原、沼泽等生态系统中对主要建群种的生态和生理特性进行了大量工作,对植被类型的划分与更新演替进行了广泛的研究。特别是在东北地区对红松和落叶松的生态学特性、群落组成与结构、类型的划分以及采伐更新的研究;西南地区植物群落的调查、西双版纳热带森林的生物地理群落的研究和多层多种人工群落的创建,在该领域起到了先驱的作用;在华南地区杉木和油松人工林的栽培与抚育、以及橡胶宜林地的调查和热带作物的引种栽培进行了大量生态学研究;华北地区的荒山造林和农田防护林工作以及西北地区的沙漠化防治工作都是当时重要的科技成果也解决了但是国民经济发展中面临的一系列迫切的问题。这方面的成果,在1959年出版的《中国植被》(包括1:800万中国植被图和中国植被分区图)这部具有经典性的巨著中得到了较为充分的反映,后又出版了《1:100万中国植被图集》,该图集详细描绘了我国11个植被类型组、54个植被型的796个群系和亚群系植被单位的分布状况、水平地带性和垂直地带性分布规律,同时揭示了我国2000多个植物优势种、主要农作物和经济作物的实际分布状况及优势种与土壤和地质地貌的密切关系。在农业方面,对农作物栽培和管理,对昆虫和兽类的生理生态学的研究和对农业有害的昆虫如东亚飞蝗、粘虫、棉铃虫、鼠害等的防治也取得了重要成果;20世纪70年代后期开始的动物生物能量学研究、昆虫性激素、大熊猫和灵长类动物的行为生态学研究,及以经济鱼类、虾类、农业昆虫、有害动物为重点的动物种群生态学研究,对于动物种的种群数量控制、农业测报预报对我国经济的发展做出了重要的、具有历史意义的贡献。

1.4 以生态系统结构和功能定位研究为主的系统生态学发展时期

20世纪的70年代末我国生态学研究进入了对各类天然及人工生态系统结构与功能的定位观测时期。中国科学院于20世纪50年代末在云南西双版纳建立了我国第一个“生物地理群落实验站”。同时在苏联专家的建议下,全国划定了15处自然保护区。有关科研单位和高等学校结合科研、教学和生产的需要,也开展了一些小规模定位研究。但这些工作因十年动乱而中断,至20世纪70年代末又再兴起,并得到迅速发展。至今已发展至由寒带至热带,从高山到滨海,对许多有代表性的天然森林、草原、荒漠、海洋,人工的农田、草地、绿洲、海湾,以及一些复合经营的人工生态系统都先后建立了生态定位观测研究站,并开展了不同生态系统结构、过程、功能及演替等方面的长期定位观测研究。

1.5 以全球变化、生物多样性和可持续发展为代表的现代生态学研究时期

20世纪90年代,特别是21世纪以来生态学的研究进入了一个全新的阶段,以生物多样性保育、生态系统管理与监测、退化生态系统的恢复、全球变化和可持续发展为主要研究内容。这一时期,生态学的研究更加紧密地结合当今面临的人口、资源、环境等问题,不断突破其初始时期以动植物为中心的学科界限,把人类社会包括在内,并在实现社会的可持续发展中起着越来越重要的作用。

2 当代中国生态学研究的特点

当代中国生态学研究具有一系列突出的特点,主要表现在以下 6 个方面:

2.1 研究对象的重新定位

当代生态学的一个突出特点就是把人类社会与自然环境的关系包括在其研究范畴之内,用社会-经济-自然复合生态系统的观点,研究社会面临的问题,愈来愈注意与群众相结合,与社会发展和生产实际的需要相结合,并成为政府的决策和行动的基础(表 1)。

表 1 生态学家介入的重要国际科研计划和国际公约
生态学介入重要的国际科研计划和国际公约的情况

国际科研计划	国际公约
罗马俱乐部	湿地公约(Ramsar)
国际生物学计划(IBP)	保护世界文化与自然遗产公约(World Heritage)
人与生物圈计划	濒危动植物物种国际贸易公约(CITES)
国际地圈生物圈计划(IGBP)	迁徙物种公约(CMS)
全球变化的人文计划(IHDP)	生物多样性保护公约(CBD)
全球生态网络研究(GTOS)	联合国防治荒漠化公约(UNCCD)
千年生态系统评估(MA)	

2.2 研究范围的时空扩展

生态学研究在空间尺度上向宏观和微观两个方向不断拓宽(图 1)。宏观方向上逐渐形成了景观生态学、区域生态学和全球生态学;微观方向上与分子生物学、基因工程和生物工程相结合形成分子生态学。研究的时间尺度也由短期线路调查向更长时段的地质历史回朔和长期预测扩展。

2.3 研究设施和手段的现代化

生态学研究的手段正在发生新的变化,除了用一些能准确地获取信息的手段,如遥感、地理信息系统、全球定位系统(3S 系统)的应用,连续、精密观测仪器的使用外,还强调应用模拟和模型方法来研究大尺度、多因素的大系统。例如通过建立自由大气(FACE)模型研究土壤痕量气体 CO₂浓度富集实验;遥感卫星探测区域温室气体浓度激光雷达测定大气气溶胶浓度以及遥感反演模型在碳循环研究中的得到应用。这些现代化装备的不断完善为生态学从定性走向定量,从短期考察走向长期定位,从描述走向实验奠定了坚实的基础。

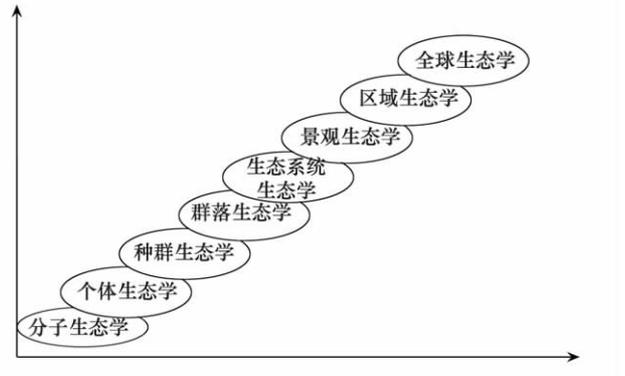


图 1 生态系统研究水平扩展图

2.4 研究平台从分散走向网络

由于研究对象和任务的变化,生态学的研究是在相对孤立的局部地区研究的基础上逐步向着区域化和全球化发展并形成网络进行综合与对比的(图 2)。需要指出的是中国科学院生态系统研究网络(CERN)建设,它从 1988 年开始筹建并在 20 世纪 90 年代蓬勃发展起来。目前,中国生态系统研究网络基础台站已达 40 个,覆盖了全国具有代表性的农业、森林、草原、湖泊、海洋和城市生态系统,并建立了水分、土壤、大气和生物 5 个学科分中心及 1 个综合研究中心。2006 年科技部组织开始建立中国国家生态系统观测研究网络(CNERN),目前一个由 51 个不同类型生态系统的观测研究站和一个综合研究中心构成的国家网络已经建成,开始跨部门联合的、基本涵盖我国主要区域的生态系统变化的观测、研究和科技示范工作。另外就是中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)建设,从 2003 年 3 月至今,已建站 33 个;与此同时,湿地和荒漠生态站网依托国家相关科研项目,也取得一定的进展,目前湿地生态站网(CWERN)已建站 5 个,荒漠生态站(CDERN)网已建立 4 站。生态系统网络的建立,把我国生态学的研究提高到一个新的水平。它不仅为宏观尺度上生态学问题的研究提供了一个长期的平台,同时也促进了生态学研究的观测仪器和手段的现代化

进程。

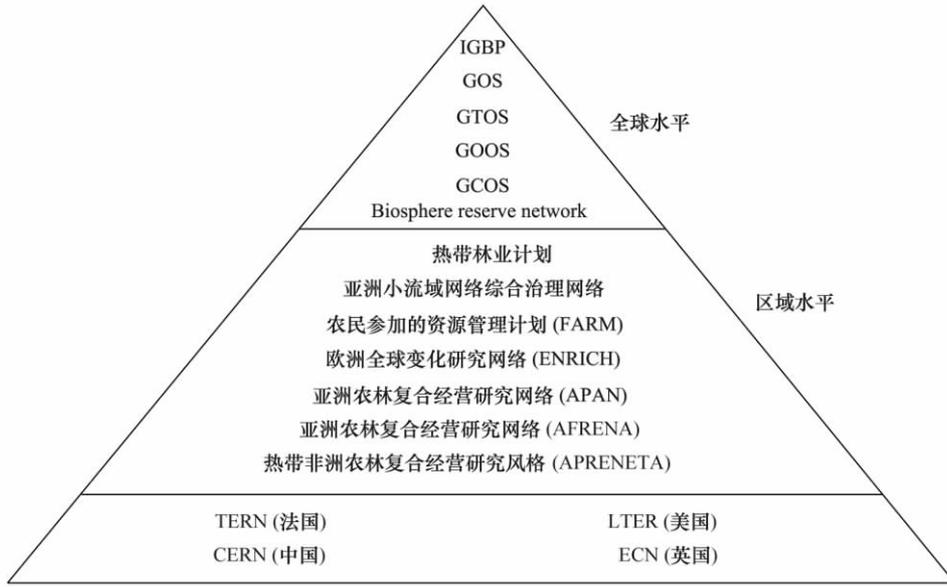


图2 生态系统研究的网络化

2.5 研究内容从结构、功能到过程和预测

生态系统自其产生之日就提出有关结构、功能和动态过程的诸方面研究。但在其发展的初期则着力于个体的生态学特征和系统的组成、生物生产力和结构的描述和分析。为了解决当前生产和社会面临的问题,近年来生态学加强了系统功能和过程研究的力度,特别是生态系统的环境服务功能,或社会公益功能引起了生态学家的密切关注。

2.6 学科发展的分化与融合

生态学的研究是在相对孤立的局部地区研究的基础上逐步向着区域化和全球化发展并形成网络进行综合与对比的。在此过程中,与数学、化学、物理等基础学科交叉促进了数学生态、化学生态及物理生态的发展;与生产部门结合形成的农业生态、林业生态、草原生态、海洋生态、湖沼生态及湿地生态正在不断健全和发展成相对完整的体系;在解决当代环境问题中形成环境生态学、污染生态学、生态毒理学;在向工农业领域渗透发展了工业生态或产业生态学、生态技术、生态工程;与社会学交叉发展了人类生态学、生态伦理学、生态经济学、城市生态学等等(图3)。

3 当前生态学研究的几个热点问题

3.1 生物多样性保护与利用

中国是地球上生物多样性最丰富的国家之一,被列入“巨大多样性国家”的行列。然而,由于人口的迅速膨胀、经济的快速增长以及不合理的开发利用,生物多样性遭受严重威胁。自20世纪80年代以来,中国科学家普遍关注生物多样性的保护与持续利用。

生物多样性的调查、评价与监测。先后组织了全国重点生物物种资源、陆生野生动植物资源、湿地资源和畜禽遗传资源调查等多次全国性或区域性的大规模调查工作,并在调查和编目基础上,组织和开发了生物多样性相关数据库,出版了近400卷册的物种编目志书。需要重视生物多样性调查、评价和监测,外来入侵种对生物多样性的影响及防治技术,以及遗传资源保护面临的挑战及保护。

生物多样性保护的方法与技术。自“八五”以来,国家一直将生物多样性保护研究列为科技攻关项目,相关部门也组织开展了濒危野生动植物人工繁育、生物医药、生物能源、转基因技术和生物产业技术等的研究和推广工作。需要重视生物多样性就地保护与自然保护管理、生物多样性的移地保护、农业遗传资源的保护、野生动植物种质资源保护以及生物多样性的自然修复问题。

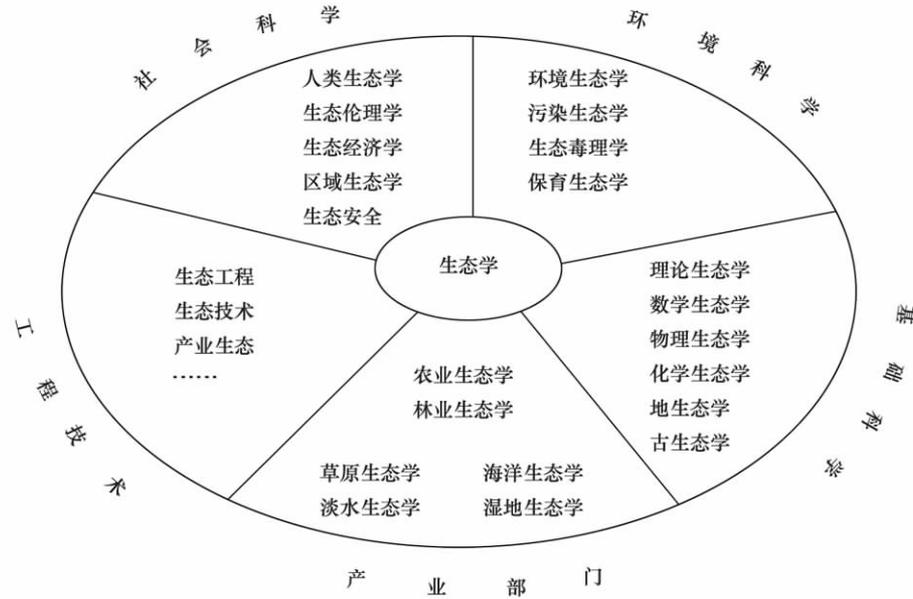


图3 生态学与其他学科的融会与分化

生物多样性的可持续利用与惠益分享。随着生物技术的迅速发展,生物多样性和物种资源在社会与经济发展中的地位作用越来越重要,生物多样性和物种资源的可持续利用与惠益分享也成为研究的热点问题,包括药物生物资源的研究开发与利用、作物栽培的生物多样性机制及其技术、防治作物病虫害的生物多样性机制及其技术、民族植物学与少数民族传统知识的挖掘与利用、农业文化遗产的保护与现代利用以及遗传资源及相关传统知识的惠益分享等。

3.2 生态系统监测与管理

全面认识生态系统的现状与变化趋势,在对生态系统组成、结构和功能过程加以充分理解的基础上,制定适应性的管理策略,以维持生态系统整体性和可持续性,从而为国家生态保护战略的落实提供科学依据。

生态系统的类型与长期研究。中国自然环境条件复杂,生态系统类型多样,对生态系统的全面监测提出了更高要求。同时,生态系统的长期研究,包括监测台站网络、多尺度联网观测研究以及遥感监测等不应局限于观测数据的罗列和评估指标的量化,更重要的是要将研究成果与国家需求紧密结合,实现“调整结构,优化功能,提高服务”的目标。

生态系统分析与评估。20世纪80年代以来,模型技术、模拟与仿真技术以及景观分析方法为生态系统研究提供了重要的技术手段和分析方法。同时,随着国家社会经济的发展以及社会的普遍关注,生态系统服务价值评估、生态系统健康评估以及生态环境安全评估成为当前生态学研究的重点与热点问题。

生态系统管理。生态系统管理是基于生态系统的监测与评估,利用生态学、社会学和管理学原理来管理生态系统的生产,恢复或维持生态系统的健康、可持续性和生物多样性,以实现生态系统整体性和长期性的功效益和价值;它将经济社会的需求整合到生态系统中,支撑可持续的经济和社会。

3.3 生态系统恢复

生态系统处于动态变化之中,由于其抵抗力和恢复力,系统结构和功能在一定范围内波动,不会因外部干扰而发生大的变化。在自然或人工干扰下,如果生态系统的机构和功能发生了位移,形成破坏性波动或恶性循环,就需要进行生态系统恢复。

退化生态系统恢复。由于自然条件的变化以及不合理的人类活动,一些生态系统存在不同程度的退化现象,而通过人工措施,可以使受损生态系统恢复合理的结构和功能,使其达到能够自我维持的状态。生态恢复不仅包括退化生态系统结构、功能的恢复与提高,而且包括依据生态学原理,使退化生态系统的物质、能量和

信息流发生改变,形成更为优化的自然-经济-社会复合生态系统。

典型地区生态系统恢复。我国不仅是全球生态系统类型最多的国家,也是世界上唯一能囊括全部陆地生态系统类型的国家,还包括青藏高原、黄土高原以及三江源等典型生态系统。然而在全球变化、自然灾害以及不合理利用条件下,这些生态系统存在不同程度退化,对其进行生态恢复也成为当前生态学研究的热点和重点。

生态保护与建设工程。20世纪末以来,国家对生态保护与建设工程给予了空前的关注,安排了超过1万亿人民币的资金投入,开展了一系列的区域生态保护与建设工程,取得了突出的生态成效。

3.4 全球变化研究

以减缓和适应全球气候变化为核心任务的全球变化科学研究一直是20世纪末以来生态学研究的重要领域和热点科学问题,我国生态学家也积极参与了全球变化的研究工作。

生态系统碳储量、循环过程机制及其碳收支。很多学者利用我国的土壤普查和森林清查资料对我国的生态系统碳储量,以及森林、草地等生态系统的碳收支进行了大量的评估工作,对于我国的森林、草地、湿地、农田、湖泊和近海生态系统碳循环的过程机制、时空格局及其碳循环模型系统开展了广泛而深入的研究,同时对国家尺度的碳源/汇强度及其空间分布也作了大量的研究工作。

陆地生态系统碳氮循环过程对气候变化响应野外控制试验。为了研究生态系统碳循环过程对单一或多个环境要素变化的响应,我国科学家开展了增温、降水、CO₂浓度升高以及氮沉降增加等控制实验。2007年以来较为系统地开展了生态系统碳氮过程、生物多样性、生态系统格局等对气候变化的适应性的研究工作,并取得了一些重要研究成果。

陆地生态系统碳、氮循环模拟模型研究。近年来我国先后从国外引进和改良了多个陆地生态系统碳循环模型。我国学者还以不同生态系统类型为对象,自主开发了基于个体的中国森林碳收支模型(FORCCHN),基于生物物理过程的中国农田碳收支模型(Agro-C),以IBIS模型为基础的中国草地生态系统碳循环模型(DCTEM),以及基于土壤-植被-大气系统能量、水和碳传输过程与植被动态、土壤有机碳周转相耦合的陆地生态系统碳循环动力学模型(AVIM2)。

3.5 可持续发展的生态学研究

随着全球性问题的日益激化,生态与环境问题已经成为制约社会经济发展的瓶颈。生态学所固有的非线性思维模式、系统观点及其多学科研究的传统和近代发展的监测与模拟方法等,为区域可持续发展提供了科学基础与框架。

区域发展可持续性评价与资源环境约束。随着人口膨胀和经济增长,工业化和城市化进程在推动人类文明和社会经济发展的同时,也恶化了人与自然生态系统的关系。不断加剧的人地矛盾要求科学、客观地评估区域经济增长的可持续性,并发展出一系列重要指标,以便科学地决策和行动。

生态产业发展。按照“生态建设产业化、产业发展生态化”总体思路,正确处理生态建设与经济发展、局部利益与全局利益、眼前利益和长远利益的关系。坚持“以人为本”,大力发展生态农业、生态工业、生态旅游和生态产业园建设,不以牺牲环境为代价来谋取一时的经济发展,实现生态建设与经济发展的相互促进和相互协调。

区域与城市生态建设。20世纪90年代以后,以县、市、省为单元的生态建设的新高潮。我国在这方面逐步形成的理论、思想与实践,不仅有力地推动着我国区域生态建设的发展,同时在国际上也得到很高的评价和广泛的认可,充分反映了各级政府和广大群众在可持续发展战略指导下,积极探索在不同区域水平上保护生态环境、发展生态经济、创建生态文明以及建设新型社会的强烈愿望,为我国社会经济的可持续发展做出了积极探索。

4 结束语

面对世界生态学研究千帆竞发、百舸争流的态势,我们也应当清醒地看到我国生态学研究与国际生态学

发展之间还存在着较大的差距,突出表现在:原创性、深入的基础研究不够;对政府决策的支撑缺乏应有的科学储备;缺乏全球视野,参与国际竞争意识不足;对自己的传统知识和本土的创新重视不够;先进的概念与扎实的实践成果的脱节;缺少大跨度学科交叉的系统综合研究经验等。要把我国从生态资源的大国变成一个生态科学的强国,我们还有着很大的差距。我们尤其感到忧虑的是,当前社会上一些片面追求论文数量和成果奖励的短期行为和急功近利、心浮气躁的学风,导致一些地方和单位研究队伍不稳定,研究工作不安心,研究成果不扎实,使得在一些基础和应用生态学研究的许多领域与国际的差距正在不断拉大。这里有科研体制、政策氛围问题,也有素质能力和观念意识问题。

但是我们坚信中国的生态学发展必将打开国门,融入亚洲,进入世界。这是由于:(1)我国幅员辽阔,有多种多样的自然条件和丰富的生物多样性;(2)我国有深厚的文化底蕴、丰富的传统知识和勤劳聪慧的人民;(3)我国在生态学研究方面已经有了相当的基础资料积累;(4)我国建立了生态系统研究网络,并在硬件设备方面有了一定的研究基础;(5)我国的国际合作有了很大的进展,有越来越多的科学人员直接进入到国际研究机构或研究项目中间,参与工作或担任领导;(6)更重要的是我国综合国力的增强和对生态建设的日益增强的关注,以及全民生态意识的提高,所有这些都为我们实现生态学走向世界奠定了坚实的基础。

我国生态学发展的方针应该是:在继续发展本学科基础理论和积累基本资料的同时,根据我国社会经济发展和环境保护中急待解决的问题,瞄准国际生态学发展的趋势和学科前沿,结合我国生态学研究的基础和条件,确定我国生态学研究的中长期发展战略和近期的重点研究领域;在先进技术的带动下,重视传统经验的挖掘与提高;加强多学科综合研究与国际合作,为社会可持续发展和生态建设做出贡献,逐步形成具有我国特色的生态学,并培养一批能迎接新世纪挑战的跨世纪人才。

从近期来看,我国生态学除了对原有的个体生态与群体生态继续进行深入研究外,要对当前急需解决的一些热点问题和跨学科的研究领域给予特殊的注意,重点包括以下几个方面:生态学基础理论与方法的研究;个体、群落和生态系统的结构、功能和动态的研究;生态系统可持续管理;生态脆弱区的生态调控与退化生态系统的恢复生态学研究;以C、N和水分循环以及土地利用和土地覆被为重点的全球生态学研究;生物多样性保护和保育生态学研究;产业生态学和循环经济的研究;以生态城市、生态省和西部大开发等生态建设为主的区域可持续发展的研究;人类生态学、生态经济学和生态文明的研究。

最后,我们殷切希望工作在第一线的青年生态学工作者不断开拓创新,想他人不曾想,做他人不曾做,勇为人先。在宏观环境还不尽如人意的情况下,以天下生态为己任,以埋头奉献为荣耀,以创新、积累为志趣,甘于寂寞、淡薄名利、超越世俗、超越自我,扎扎实实做好基础研究工作,在科学研究与实践中,掌握翔实、准确的第一手资料,同时要发扬团队精神,群策群力、协同攻关,勇攀科学高峰,为中国生态学事业的繁荣、为中国社会的可持续发展添砖加瓦。在国际交流与合作中,我们要做到有理有节、不卑不亢、互惠互利。既要学习国际先进经验,又要结合我国实际,既不要盲目自满,又不要妄自菲薄。相信随着国家的逐步强盛和对科学研究投入的不断加大,我国的生态学工作者,特别是青年一代的科学工作者必将在国际舞台上做出更大的贡献,在国家急需的社会实践中,在生态科学的奥运舞台上,能够不断创造奇迹,迎接新的辉煌!

主要参考文献:

- Castanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- Daily G. *Nature's Service: Social Dependence on Natural Ecosystems*. Washington DC: Island Press, 1997.
- Lindman R L. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 1942, 23(4): 399-418.
- McIntosh R P. *The Background of Ecology: Concept and Theory*. London: Cambridge University Press, 1985.
- Odum E P. *Ecology: A Bridge between Science and Society*. Sunderland: Sinauer Associate Inc, 1997.
- Odum E P. Ecosystems theory in relation to man // Wiens J A, ed. *Ecosystem Structure and Function*. Corvallis: Oregon State University Press, 1972: 11-24.
- Odum E P. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: Saunders, 1953.

- Sukachev V N. Biogeocoenology and phytocoenology. Doklady Akademica Nauk USSR, 1945, 47: 447-449.
- Sukachev V N. Forest biogeocoenology as a theoretical basis for silviculture and forestry // Zhukov A B, ed. Questions of Forestry and Forest Management. Moscow: Akademiia nauk SSSR, 1960: 41-50.
- Tansley A G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology, 1935, 16(3): 284-307.
- 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力. 北京: 科学出版社, 1999.
- 周生贤, 江泽慧, 雷加富. 中国可持续发展林业战略研究. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- 李文华. 生态学的发展及我国面临的挑战与机遇 // 宋健. 1999/2000 中国科学技术前沿. 北京: 高等教育出版社, 2000: 585-609.
- 李文华等. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 2008. 李文华, 欧阳志云, 赵景柱. 生态系统服务功能研究. 北京: 气象出版社, 2002.
- 马世骏. 展望 90 年代的生态学. 北京: 科学出版社, 1990: 310-315.
- 钱正英, 张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究报告综合报告及各专题报告——中国可持续发展水资源战略研究报告集 (第 1 卷). 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- 国家自然科学基金委员会. 自然科学学科发展战略调研报告: 生态学. 北京: 科学出版社, 1997.
- 贵瑞. 全球变化与陆地生态系统碳循环和碳蓄积. 北京: 气象出版社, 2003.
- 张新时, 杨奠安. 中国全球变化样带的设置与研究. 第四纪研究, 1995, 15(1): 43-52.
- 中国科学院可持续发展研究组. 中国可持续发展战略报告. 北京: 科学出版社, 2003.
- 《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- 中国生态补偿机制与政策研究课题组. 中国生态补偿机制与政策研究. 北京: 科学出版社, 2007.