
生态学与可持续发展

李文华

〈中国人民大学〉

跨过20世纪，人们翻开了历史新的一页。在此世纪交替之际，回顾过去，展望未来，我们的心情是复杂的：一方面，我们为上个世纪经济的迅猛发展、科学技术的飞速进步而自豪；另一方面，我们也为人口增加、消费增长和技术进步的负面影响带来的生态与环境问题而感忧虑。庆幸的是，经过长期的迷茫与争论，人们终于找到了一条可持续发展的道路，并且意识到只有尽快地改变增长方式，加强生态系统的管理与环境保护才能满足当代人民日益增长的物资文化需要，同时也能为子孙后代的发展创造可持续的条件。人们还意识到了这方面的急迫性，如果再不采取应急措施，我们将失去最后的机会。

当前，不同学科的众多科学家积极投入了可持续发展的研究中。生态学家以其非线性的系统思维，自身特有的科学方法和长期积累，以及对自然规律的认识和了解，使得它在诸多学科中脱颖而出。生态学作为一门学科的产生虽然只有一个半世纪的时间，却历经艰难，终于，一个不被承认的丑小鸭振翅高飞，成了与时俱进的白天鹅。我们自豪地看到，在当代生态问题的研究和可持续发展概念的产生，以及把可持续发展从概念付诸行动的过程中，生态学工作者都是积极的参与者。在此过程中，他们运用本学科知识，并与兄弟学科合作，在实现可持续发展的过程中不仅发挥了本学科的作用和优势，推动科学与社会的发展，同时在参与这场伟大的变革中，生态学也拓宽了研究的领域，不论在内容和方法上，都提高到一个崭新的水平，并在实现社会的可持续发展中起到了桥梁和纽带的作用。

一、简短的历史回顾

在生态学发展的初期，以研究人类之外的动植物个体、种群和群落与周围环境的相互关系为目标。在20世纪初期，生态学已经发展成为四个彼此独立的分支，即植物生态学、动物生态学、海洋生态学和湖沼生态学。在还原论的指导下，学科的分化越来越细。例如在群体生态学中又形成植物生态学、动物生态学，更进一步化分为森林生态学、草地生态学、湿地生态学、海洋生态学、昆虫生态学、微生物生态学等一系列分支。这些学科彼此独立地发展起来，有的冠以生态学的名称，有的虽然没有沿用生态学的名称，但他们却实实在在地从事着生态学的工作。这一时期，生态学在个体和群体领域积累了许多基础性的资料，并为农业、林业、渔业和畜牧业等的开发与保护提供了应用的基础。但是，由于它的纯自然主义的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）。

上世纪30-40年代，是生态学基础理论发展的奠基时期。突出地表现在两个方面，一个是生态系统概念的提出，另一个是营养动力学的产生和研究方法的定量化。在长期的实践中生物学和地学界对自然界的认识加强了整体性和系统性的观念，并不约而同的提出许多学说和术语来表达这种相互作用的整体，其中影响最大的是英国的生态学家Tansley（1935）提出的生态系统（Ecosystem）和

前苏联林业和地植物学家 Sukachev (1945, 1960) 提出的 (biogeocenose) 概念。这两个概念被看作是同义语并在世界上得到广泛的认可, 其中尤以 Ecosystem 这一概念得到更为普遍的应用。生态系统的提出和广泛应用不仅把生态学推向系统研究的新高度, 同时也为生态学的研究对象提供了不同层次的平台, 并为认识和解决日益突出的环境问题进行了理论准备。这一时期的另一重大事件是 Linderman (1942) 在营养动力学方面所做的贡献。Linderman 以实验为基础, 通过对不同营养级的能量分析, 创造性地提出了著名的“百分之十定律”, 为生态学的研究提供了量化的途径与手段, 使生态学脱离了其起源的多种学科而建立起自己的方法体系。也使这位英年早逝的科学家在生态学的发展史上留下了不朽的英名。50年代以来, Odum 进一步发展了生态系统的概念并极大的丰富了生态学的内容, 进一步发展出一门新的学科分支, 即系统生态学 (1953, 1993)。

虽然生态学在本世纪中叶以前, 在理论和实践中都进行了大量工作, 但直到20世纪中叶, 生态学仍是生物科学中的一门不受人们注意的学科, 甚至对这一学科的存在必要性都有一些争议。

60年代以后, 世界上人口、资源与环境的不协调发展造成的全球性问题日益激化。水土流失、荒漠化扩展、生态系统退化、生物多样性丧失、环境污染、气候变暖、臭氧层消失、自然灾害以及城市化带来的负面效应等不断加剧, 且具有全球性的特点。这些问题无法用传统的线性思维和单学科途径来解决, 而生态学所固有的非线性思维模式、系统观点、整体性理论及其多学科研究的传统和近代发展的环境监测与模拟方法等, 为探索解决危机的途径提供了科学基础与框架。特别是20世纪60年代由国际科联 (ICSU) 发起的国际生物学计划 (IBP) 和70年代联合国教科文组织 (UNESCO) 开展的人与生物圈计划 (MAB) 在全世界开展, 把生态学推向一个崭新的阶段。如果说前者的作用是在全世界生态学科学工作者中进行了一次生物生产力的普查和在方法与手段上的革命, 那么后者则把生态

学与政府行为结合起来, 把过去传统生态学研究中置身与系统之外的人, 作为生态系统和生物圈的一个具有重要影响的组成部分, 是生态学发展观念上的一次重大的革新。生态学在投身解决社会问题的过程中, 逐渐摆脱了其产生时的狭隘的学科局限和传统的研究范围, 生态学已不再像一度被人们所指责的那样, 是一门“不食人间烟火的”、只会说“*No*”和“批判的学科”。它不仅在理论和方法方面, 而且在研究对象的范畴、规模和尺度方面都有了新的发展, 生态学已经引人注目地成熟起来, 从一门描述性的学科逐步向结构完整、量化的学科发展。生态学家积极参加了在20世纪90年代以来开展的全球变化 (Global Change) 或生物圈地圈计划 (IGBP) 的研究 (于贵瑞, 2003)。通过这项具有全球性规模的研究, 生态学从长期侧重于对结构的静态描述向着功能、过程和预测性的方向扩展。同时, 在与其他学科的合作过程中进一步促进了学科自身的发展。

当代的生态学, 在继承和发展传统学科的同时, 积极参与解决人类发展与自然界和社会不相协调所造成的一系列迫切问题。在解决当前社会问题时, 生态学的作用不单纯是作为一个学科参与其过程的探索, 其作用还在于它为自然科学和社会之间架起了一道桥梁 (Odum, 1972, 1997)。在此过程中生态学也得到了长足的发展, 超越了其最初起源的生物学和地理学的范畴而成为研究生物、环境、资源及人类相互作用的基础和应用基础科学。当前, 生态学正以崭新的面貌出现在现代科学的舞台, 并日益展现出蓬勃的生机。尽管科学界对生态学范围的界定和学科体系方面还存在着一些争议, 但这是一个发展中科学的必然特点, 不能否定生态学过去和现在所起的其他学科难于比拟的作用和人们对这一学科未来发展的信心。(马世骏, 1995; 生态学发展战略研究组, 1997; 李文华, 1999/2000)

二、当代生态学研究的特点

当代国际生态学具有一系列突出的特点, 主要

表现在以下几个方面。

(一) 生态学在研究社会问题中的重新定位

当代生态学研究的一个突出的特点就是更加紧密地结合社会和生产中的实际问题，不断突破其初始时期以生物为中心的学科界限，把人类社会包括在内，向解决社会当前面临的社会问题发展，并在实现社会的可持续发展中起着越来越重要的作用。生态学从最初个别的研究发展到学术界的联合，进而发展到积极参与政策的制定和政府间的合作服务。这表现在生态学及生态学工作者在近代的一系列有关生态和人类环境的国际合作计划中发挥的积极的和不可替代的作用。正如 E. P. Odum 在其《生态学——科学与社会的桥梁》一书中提出的，起源于生物学的生态学愈来愈成为一门研究生物、环境及人类社会相互关系的独立于生物学之外的基础科学，一门研究个体与整体关系的系统科学。

如果说在本世纪50年代以前，生态学家的更多的工作更多的是在自然的环境中或实验室中，那末到了60年代世界性的人口、资源、环境的矛盾突出后，生态学在诸多学科中脱颖而出，并打破国界，率先在全球范围内开展了举世闻名的国际生物学计划 (IBP)。尽管这一计划并没有像最初设想的那样对当前的社会问题开出解毒的药方，但是它在唤醒人们的生态意识方面所起的作用却是众所公认，它在研究方法上的贡献至今仍有重要的影响。如果说60年代生态学和生态工作者主要是指出问题和提出哪些不应该作，到70年代以后研究的特点转变到对解决问题途径的探索。70年代联合国教科文组织生态处组织的人与生物圈计划 (MAB) 提出的14个方面的研究内容，囊括了当代人与自然矛盾的关键问题。虽然由于 UNESCO 财力等方面的局限，这一计划在实行的过程中进行了修改和压缩，但是这一计划延续30年而长盛不衰，在国际科学计划中也是罕见的 (李文华, 1987)。它充分地反映了这一生态计划的活力和蓬勃的生机。在自然保护的发展过程中另一个具有历史意义的文献是1980年由 UNDP, IUCN 和 WWF 组织的《世界自

然保护大纲》(WCS)。许多国家政府和非政府组织参加了大纲的准备工作，并将准备的两份初稿在数百名生态学和自然保护、以及环境规划方面的科学家中征求意见。正是在这一历史性的文件中第一次明确地提出了可持续发展的概念，并成为其后联合国环境与发展委员会的著名报告《我们的未来》的理论框架和科学基础 (World Commission on Environment and Development, 1987)。20世纪90年代以来，具有世界意义的国际合作计划是正在开展的国际生物圈——地圈计划 (IGBP) 或全球变化 (Global change) 的研究。其后，全球环境变化的人文因素计划 (IHDP) 启动，从而使全球变化的研究增加了人类社会活动的内涵。生态学家是生物多样性计划 (DIVERSITAS) 的积极倡导者和实践者，而且生态学家与生物学其他学科的专家紧密合作，为生物多样性的保护做出了巨大的贡献。此外，在防治荒漠化计划、世界气候计划 (WCP)、以及世界气候研究计划 (WCRP) 中，都有生态学工作者的积极参与和合作。

特别需要指出的是2001年6月，联合国秘书长安南宣布启动的千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment, 缩写为 MA) 计划。MA 的工作主要侧重于以下几个方面：生态系统服务功能的变化是怎样影响人类福利的？在未来的几十年中，生态系统的变化可能给人类带来什么影响？人类在局地、国家和全球尺度上采取什么样的对策才能改善生态系统的管理状况，从而提高人类的福利和消除贫困？如果这项工作进行的顺利，今后可能每5年重复一次。MA 的工作必将对《生物多样性公约》、《联合国防治沙漠化公约》、《湿地公约》以及《迁徙物种公约》的评价有所帮助。进行这项工作必然要靠数以千计的优秀科学家参加，其中生态学家是重要的组成部分。

当代生态学的研究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。当生态学介入生产和社会发展的问題时，特别是涉及到可持续发展的问題时，就不可避免地与政策、经济、法律以及美学、道德、

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

图 1 生态学家介入的重要国际科研计划和国际公约

伦理等方面,甚至进入哲学领域的更深层次的思考。生态学不仅为科学界所接受,同时它已经置身于社会和公众舞台,从平民到政治决策者,从乡村到联合国的大厦,生态已经成为在解决当前社会和环境问题时广泛应用的名词和象征。

在我们面对生态学发展的大好机遇和这些突然到来的“荣誉”面前,生态学工作者也许应该更冷静地考虑我们学科边界,把握生态学科自身研究的内容,否则,我们就会在一片什么都是生态学的中,迷失方向,并引起混乱。

针对当前生态学应用乏味的不断扩大,我们认为有必要对生态学的边界作如下的划分:

1. 基础生态学 (fundamental Ecology): 它是研究不同水平生物与环境之间关系的自然科学,它包括传统的种群生态学、植物生态学、动物生态学、群落生态学及其分支,生态系统生态学以及它与基础科学杂交融会产生的一系列分支学科如生态学、数学生态学、分子生态学以及全球生态学中的物理部分。它是生态学研究的基础和核心;
2. 广义生态学 (deep Ecology): 包括人类在内的生物群体与周围环境和社会发展相互关系的生态学分支,其中包括人类生态学、恢复生态学、生态伦理学、产业生态学、全球变化的人类影响以及区域发展生态学(包括城市生态、流域生态以及生态区划)、生态安全等。它是当代生态学与社会经济结合而产生的新兴领域,也是当前生态学发展的热点和前沿;

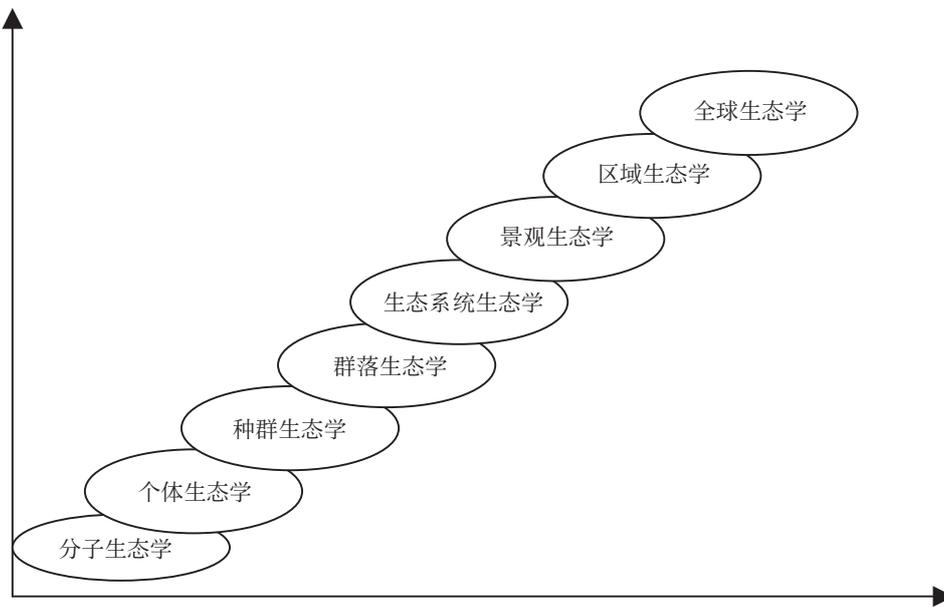
3. 泛义生态学 (Pan ecology): 运用基础生态学的基本原理和规律并由此抽象出的哲学思想来指导其他工业、企业以及社会管理以及政治领域中的问题,它是生态学向周围的扩展与延伸。例如政治生态学、信息系统安全生态学等,这是正在探索的新的领域。在这方面,我们很高兴地看到系统观和整体性越来越受到人们重视的同时,但对于它们是否要冠以生态学名称进而纳入生态学的范畴尚需保持审慎的态度。

(二) 研究对象的时空尺度不断拓展

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,研究的时间尺度也由短期线路调查向长期定位研究和更长时段的地质历史回溯和以更长时段的长期预测扩展。

传统的个体、种群、群落和生态系统的研究可视为生态学研究的中观尺度,并在本世纪中期已奠定了基础(钟章成,1997),现代的生态学则向宏观和微观领域不断扩展。前者包括景观、区域、全球的水平,并逐渐发展了景观生态学、区域生态学和全球生态学。

景观生态学是以一定空间单元内,多个镶嵌的聚合生态系统为对象,研究其结构、功能与演化过程的生态学的一门分支。它以人类活动对景观的生态影响为研究重点,通过自然科学与人文科学的交叉,研究景观单元内生态系统的空间格局、相互作用及生态过程,并围绕建造宜人景观这一目标,进行景观管理、景观规划和景观设计的研究(肖笃宁,



图表2 生态系统研究水平扩展图

1999; 徐化成, 1996; 邬建国, 2000)。它是一门内容丰富的宏观领域的应用生态学, 对生态系统的恢复与重建, 为在地区范围内实现可持续发展起着重要的作用。

区域生态学是以不同尺度的地域为对象, 研究其社会、经济、自然发展的协调程度及其调控机理与实践的一门新的分支学科领域。区域发展的生态学理念由来已久, 作为一门科学是和联合国教科文组织与生物圈计划的城市生态研究的倡导有密切关系。

全球生态学在时间尺度上与气象学、古生物学、古地质学、冰川学等学科相结合, 在更大的时间尺度上研究生物与环境的相互作用及其演化的历史进行回塑, 同时对未来环境的变化进行预测。在这方面国际地圈生物圈计划 (IGBP) 就是一个突出的代表。IGBP 旨在通过圈层间的相互作用研究全球变化及其产生的影响和响应。它的研究尺度定位在未来50年的范围, 并具有综合研究和学科交叉的特点。在其8个核心项目中, 生态学几乎都有重要的作用。尤其在全球变化与陆地生态系统 (GCTE)、水文循环的生物学方面 (BAHC)、土地利用与土地覆被变化 (LUCC) 等方面, 生态学更

是其研究的核心力量。

另一方面, 生态学向微观领域的发展也取得了突破和进展。这方面可以分子生态学的进展为代表。20世纪50年代后分子生态学的研究逐渐开展, 1992年“分子生态学杂志”问世, 标志着这一分支学科的成立。分子生态学运用分子进化和群体遗传学的理论, 分子生物学的技术手段去研究生物种群、进化。当前分子生态学的热点是研究生物种群空间分布差异的分子基础和生物史类型的分子生态学机制, 以及生态进化和生态适应的分子机理和在逆境条件下生物在分子水平上的反映及其调控机理的一门科学。20世纪50年代 E. B. Ford 开始在进化论的框架内解释和研究生物生态适应的问题标志着分子生态学的诞生。之后, 等位酶电泳和包括 RFLPs, RAPD, AFLP 及 Microsatellites 在内的基于核酸分子的技术和方法被快速地引入到生态学研究领域, 极大地推进了分子生态学的发展。分子生态学理论和方法的广泛应用对生态学、种群遗传学、保护生物学、系统进化学等传统学科的发展产生了深远的影响。分子生态学的发展在20世纪90年代末期开始进入生命有机体适应胁迫环境的基因调控和蛋白表达的全新领域, 其研究重点已从定量描述

种群分子多态性和生物多样性转移到解释和研究分子适应和进化的机理。21世纪初期,基因组、蛋白质组和糖生物学理论和技术研究的飞速发展,推动分子生态学研究进入生命有机体以蛋白分子为主体对环境信号进行识别和传导,以糖为信息载体,启动核内的基因突变或核外冗余基因的调节功能,翻译相应的特异蛋白应答环境的变化变化的时期。分子生态学今后的发展将以糖分子为纽带,通过应用基因组与蛋白质组的相互作用规律来解释和揭示生命有机体与环境之间的生态适应和生态进化的分子机制。例如,有人用DNA标记研究动物的繁殖策略,蝗虫种群的迁移路线和交汇中心,以及利用等位酶研究红树林树种的生态型的分化等方面,深入地揭露了以前用常规观测的方法很难取得的结果。生态学已经开始注意当前迅速发展的生物技术所带来的生态效应和生态安全问题。可以预期,一个新的生态学的微观研究领域已经出现,正在等待生态学家与有关学科联手进行开拓(祖元刚等,2003)。

(三) 研究的对象从自然生态系统向自然社会经济复合系统发展

在人类社会发展的今天,人类对环境的影响日益加剧。可持续发展成为人类唯一的选择。生态学在介入社会发展问题研究的时候面对的是一个多组分、处于变动之中的复合系统。人类社会不同于自然生态系统,它是以人类活动为主体,自然环境为依托,资源流动为命脉,社会体制为保障的人工生态系统。这些因子相互依存、相互制约构成系统。E. P. Odum (1986)指出“不久以前,生态学普遍被认为是生物学中研究生物与环境关系的分支,后来,在1968-1981环境意识高涨的年代,一个生态系统生态学的学派诞生了,它认为生态学不仅是生物学的一个分支,而是把人对自然关系中的种种生物学、物理学、和社会科学的内容综合到一起的一门新的学科”,马世骏、王如松(马世骏等,1984)称其为社会—经济—自然复合系统(SENCE)。它可以小到家庭、工厂,大到村镇、县、城市、区域、国家乃至生物圈。生态学的任务就是要了解他们相

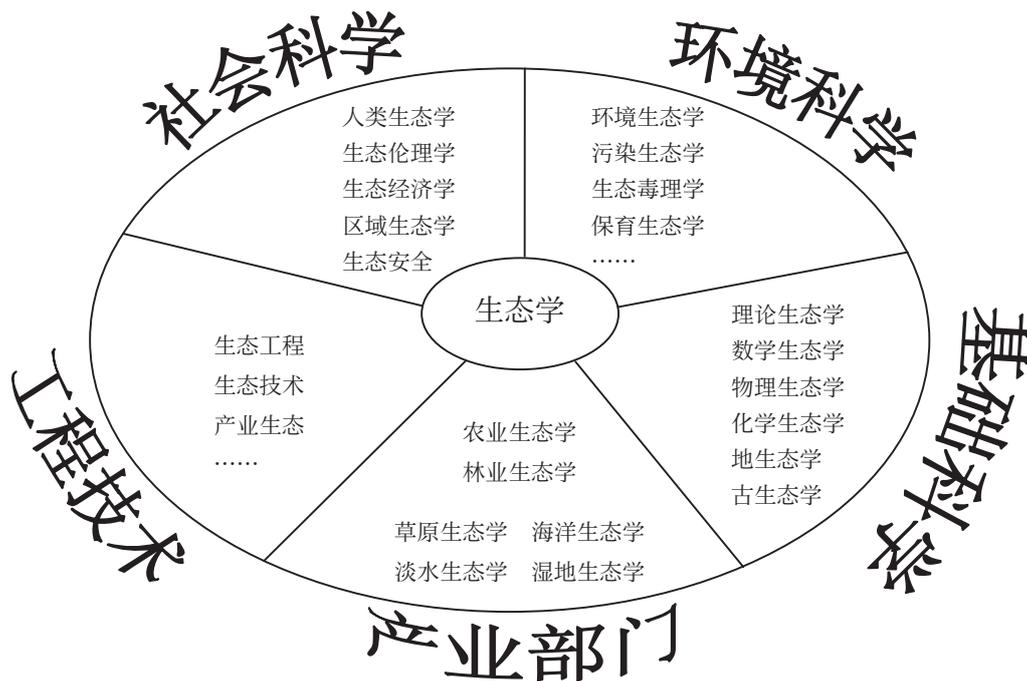
互关系的机理,并进行调控。复合生态系统的研究为实现可持续发展提供了理论基础和管理的手段,并为城市生态学和区域生态学的发展奠定了基础。

复合生态系统的原理也被广泛的应用到农业和工业生态系统中,并产生了产业生态学和生态产业。生态产业是按生态经济原理和知识经济规律组织起来的基于生态系统承载能力、具有高效的经济过程及和谐的生态功能的网络型、进化型产业。它通过两个或两个以上的生产体系或环节之间的系统耦合,使物质、能量多级利用、高效产出,资源、环境能系统开发、持续利用,企业发展的开放度与自主度、力度与柔度、速度与稳度达到有机的结合,污染负效益变为经济正效益(Hardin Tibbs, 1991)。产业生态学已在农业领域得到了广泛的应用(马世骏,李松华,1987),在工业方面也出现了许多可喜的典型(Ernest Lowe, 2002; 邓南圣,吴峰,2001)。

2001年Science杂志发表了由Robert W. Kates等22名著名学者署名的文章,提出一门正在孕育的科学——可持续发展科学(Robert W. Kates, April 2001)。文章指出可持续发展科学的宗旨是寻求对自然和社会之间相互关系的基本特点的理解。这种理解必须包括特殊地区和部门的生态和社会特征的全球范围影响。可持续发展科学所要解释的区域特征,是指相关研究必须将从地方到全球不同层次范围内各关键过程的效果进行整合。它同时要求提高我们在处理复杂的组织系统以及自然—社会系统时对多种相互影响的压力响应(其中部分是不可逆转的影响)的能力。将不同的认识和研究方式结合在一起,需要工作在不同领域人员的共同努力,尽管目前这项工作仍有很大的不确定性也受信息量的限制。如果说生态学家在20世纪可持续发展概念的形成和发展方面起到了中流砥柱的作用,那么,复合生态系统的研究必将为正在兴起的可持续发展科学起到超前研究和实践探索的作用。

(四) 学科之间相互融汇与新分支学科的不断产生

生态学在其发展过程中,为了解决多方面的要



图表3 生态学与其他学科的融会与分化

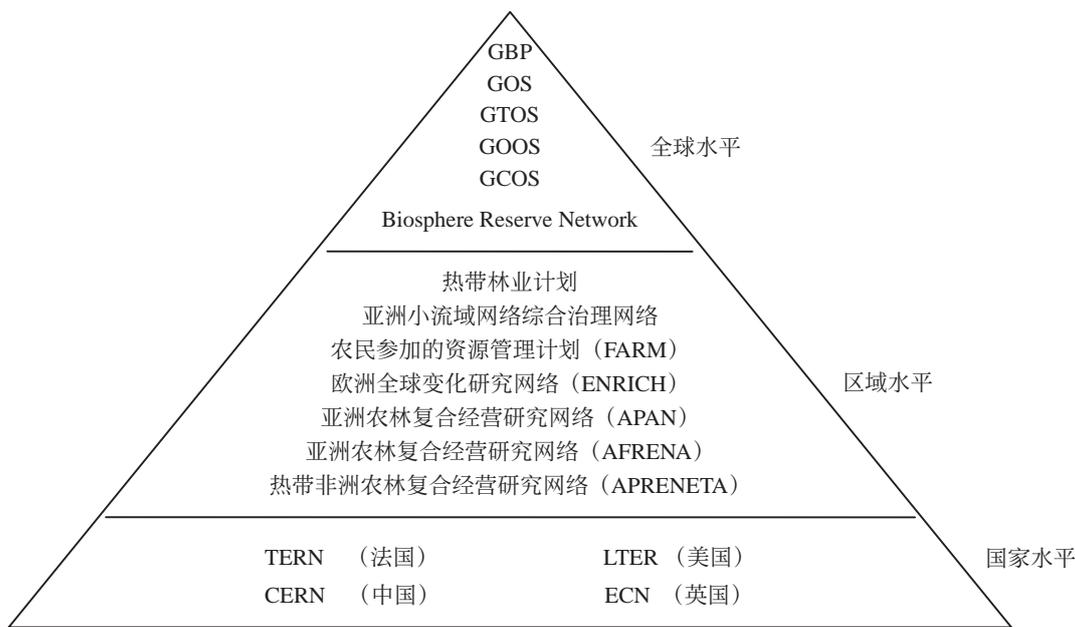
求，不断突破其原有的学科界限，与其他学科相互融汇，逐渐形成许多分支学科。例如，阐明生物与环境相互作用的机理并加以量化，这就要求与数学、化学、物理等基础学科交叉，从而促进了数学生态、化学生态及物理生态的发展；生态学与专业生产部门结合而形成的农业生态、林业生态、草原生态、海洋生态、湖沼生态及湿地生态正在不断健全和发展成相对完整的体系；同时，针对人类干扰和破坏后生态系统恢复，发展了景观生态学 (Landscape Ecology)、恢复生态学、保育生态学 (Conservation Ecology) 以及全球生态学；生态学在解决当代的环境问题中，与环境科学融汇，形成了环境生态学、污染生态学、生态毒理学；生态学向工农业领域的渗透，和在新的条件下对环境和人工调控的高度要求，发展了工业生态或产业生态学 (Industry Ecology)、生态技术、生态工程 (Ecological Engineering)；生态学与社会科学交叉并发展了人类生态学、生态伦理学、生态经济学、城市生态学；许多生态学家认为，生态学与其它学科的交叉领域，正在给人类的未来带来巨大的影响。这些领域包括生态经济学、生态工程学、产业生态学和环境伦理

学等。生态学的未来可能就在目前的这些边缘领域中。

生态学的这种分化，一方面说明这一学科的青年性和其固有的不确定性，对生态工作者带来一定的困惑，也存在着一些争议和受到一些指责；但是另一方面，这些争议和变动恰恰说明它是一门正处在迅速的发展之中的学科，是一门充满了朝气和生命力的科学。

(五) 从研究系统的结构与功能向过程与预测发展

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的研究。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。这方面最近有大量研究文章发表在《Science》和《Nature》等有重要影响的杂志上。Costanza (1997) 和 Goulder (1997) 等把这一领域中大量分散的研究



图表 4 生态系统研究的网络化

加以总结，把生态系统的服务功能归纳为17种类型，分别按10种不同生物群区用货币形式进行了测算，并根据生物群区的总面积推算出所有生物群区的的服务价值。根据他们的初步测算，生态系统除了市场价值外，每年提供的服务功能价值，至少要在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《Nature》杂志上以后，在科学界引起了很大的反响。因为它以定量的形式揭示了生态系统服务功能的巨大价值，尽管这种研究仅仅是初步的，还有待进一步的深入和不断完善。如果人类要对生态系统的经济贡献进行补偿的话，那末，全球的价格管理系统就会发生重大的变革；工资、利息和利润等要素的结构也会发生重大的变化。生态系统的管理和全球变化等问题的提出及其紧迫性的加强促进了生态系统过程和动态的研究。对生态系统功能的评价和管理也将是当前正在开展的千年生态系统评估 (MA) 的重要内容。

未来十年将是综合科学的十年，人们预测，在此期间在长期资料积累和新的研究成果的支持下，将使生态格局和生态预测的认识提高到一个新的水平，最终达到生态预测的目的（美国国家科学基金会，2002）。

(六) 从局部的孤立的研究向整体的网络化研究发展

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（图表4 生态系统研究的网络化）。例如在国家、区域和全球的水平上进行网络性研究已经成为国际生态学的一种发展趋势。在区域尺度上，美洲的泛美研究所 (LAI)、亚太地区的亚洲—太平洋地区全球变化研究网络 (APN)、亚洲农林复合系统研究网络 (APAN) 和欧洲的欧洲全球变化研究网络 (ENRICH)；以及全球尺度上的全球环境监测网络 (GEMS)、全球分析、研究和培训系统 (START)。为了弥补现有的全球气候观测系统 (GCOS) 和全球海洋观测系统 (GOOS) 之间的空白，90年代后期建立了全球陆地观测系统 (GTOS)。GTOS 的中心任务来自两方面：一方面基于社会发展面临的一些关键问题的需要，包括：土地利用和土地覆被变化，土地退化和可持续生态系统管理，水资源管理，污染和毒理，生物多样性丧失，以及气候变化；第二个任务是其定义本身的要求，这包括以下三个方面：它应该站在全球的高度进行长期连续的信息采

集, 时间范围上从一年到几十年, 从而能对全球变化的过程得出结论; 它应该是一个复合系统, 在此系统中一些分散的信息可以彼此叠加。第三个任务是要包括社会经济驱动力。人们愈来愈承认我们对陆地系统的变化了解的深度和全球变化的预测能力取决于对资料的综合和社会经济驱动力的分析以及生物物理和生物化学过程的反应, GTOS 可能是在综合方面唯一可行的方法。

研究和长期定位研究迅速开展起来。自本世纪70年代以来, 在国家尺度上, 美国长期生态网络(LTER)、英国环境变化监测网络(ECN)、加拿大生态监测、分析网络(EMAN)和德国陆地生态学研究网络(TERN), 以及我国的中国生态研究网络(CERN)就是这方面突出的代表。

(七) 研究方法手段的迅速发展

长期以来, 生态学的研究方法是针对中观尺度的需要。随着生态学研究范围向宏观和微观两方面拓展, 生态学研究的方法正在发生新的变化。从事这方面的研究, 除了要用一些能准确地获取信息的手段, 如遥感、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, 还需要强调应用模拟和模型方法来研究大尺度、多因素的大系统。通过计划内和计划外的干扰条件下的对比对多种假设进行肯定或否定, 或是对提出的假设进行修正。

而微观的研究则要求通过缩小研究对象的范围, 利用实验的方法, 在一个短崭的时间范围和可确定的环境条件下进行研究, 力图对生物与环境相互作用的机理得出严格的结论并进而进行调控(Holling, 1996)。在这方面, 分子生物学的技术正在越来越多地渗透到生态学的研究中。

除了上面提到的技术外, 21世纪生态学面临的一个重要而艰巨的任务就是要加强信息科学(Informatics)在生态学研究中的应用。这是由于生态学本身在过去历史发展过程中已经积累了大量的数据, 同时, 为了解决当代的问题和进行预测, 就需要生态学家之间, 以及生态学与其他学科之间

的紧密合作。为了更有效地使研究人员能在浩如烟海的档案中进行搜索; 支持远隔千里的研究人员之间的互动; 共享相关的数据参数和预测模型就要建立一套功能强大的信息基础设施。在这方面, 美国长期生态系统网络研究已经决心在今后的十年中将此作为重点加强的领域加以发展(美国国家科学基金会, 2001)。

在发展新技术的同时, 近代的生态学也重视对传统技术的发掘与提高。传统技术, 特别是一些土著民族的传统技术, 既是人民智慧的结晶, 又对当地的环境有深刻的适应。因此, 在世界自然保护大纲中提出传统技术的丧失其意义不亚于物种的绝灭(IUCN—UNEP—WWF, 1981)。在这方面可以举出许多例证, 其中, 农林复合经营的优良模式和生态建筑与民间许多富于生态内涵的工艺技术正在受到重视, 并结合新技术的融入和改造得到发扬和应用。

三、中国生态学的历史和现状

我国朴素的生态学思想由来已久, 并在古籍中有文字的叙述。但“生态学”作为一门科学在我国发展较晚。综观生态学在我国的发展, 如果按照不同时期主导的研究对象和研究方向加以划分, 大体上可划分为4个阶段, 即萌芽阶段; 生物与环境本底调查和研究阶段; 以部门和个体生态为主的发展阶段; 以生态系统结构功能为主的定位研究阶段和以可持续发展为主线的生态学发展阶段(马世骏等, 1997)。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的区别是比较明显的。

(一) 生态学的萌芽时期

这是一个漫长的历史时期, 包括从我们的祖先在中国这块土地上定居, 大体到十九世纪末二十世纪初近代科学技术传入中国以前, 在长期的生活和生产实践中形成具有深刻的生态学内涵的哲学思想。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，早在6000-7000年以前在长江流域就已种植稻谷，在黄河流域则有种植谷子的记载。最早在商代（公元前16-11世纪）甲骨文中已经有关于生物与环境关系的零星的记载。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。据考证，最早的农业方面的书籍见诸于2000年前。迄今保存下来的古籍约有376部，其他的或分散落于民间，或流散失传。在这些书籍中，既包括对具体作物栽培与环境的关系的深刻理解，也包括对农作物栽培、园林设计、以及畜牧蚕桑的管理经验的综合。到公元前475-221年的战国时代，对各种可更新资源的合理利用与治理方面的记述，大为增加，如《禹贡》、《周礼》、《山海经》、《淮南子》、《吕氏春秋》等著作。这些著作有时是集体的创作和对民间长期对生物与环境关系的深刻认识和总结。

（二）生物与环境本底状况的调查和研究

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。这些资料对于对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。

（三）广泛开展部门生态学研究

我国的个体、种群和群落生态学的研究，主要是结合我国国民经济发展的需要进行的。50年代，生态学家在森林和草原主要建群种的生态和生理特性研究和植被类型的划分与更新演替的研究方面做了大量工作；对农作物（包括热带作物）栽培生态学和种群与群落水平上的经营管理生态学等方面取得了重要成果；对昆虫和兽类的生理生态学的研究和对农业有害的东亚飞蝗、粘虫、棉铃虫、鼠害等的防治取得了重要成果；七十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、农业测报预报产生了积极的影响。

（四）生态系统结构与功能及其定位研究

早在五十年代末、六十年代初我国生态学者即开始对各类天然及人工生态系统结构与功能的定位观测进行研究。中国科学院于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”，在苏联专家的建议下，在全国划定了15处自然保护区。同时，有关科研单位和高等学校结合科研、教学和生产的需要，开展了小规模定位研究，后因十年动乱而中断。这方面的研究在七十年代末又再兴起，至今已发展至相当的规模。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、功能及演替等方面的长期观测研究。

特别需要指出的是中国科学院生态系统研究网络（CERN）建设。它是在以前生态系统定位观测站的基础上，在中国科学院和国家有关部门以及世界银行的支持下，从1988年开始筹建并在20世纪90年代蓬勃发展起来的。目前，中国生态系统研

究网络基础台站已达34个, 覆盖了全国具有代表性的农业、森林、草原、湖泊、海洋生态系统。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。另外, 其它有关部门和单位还根据需要建立了各类不同的定位研究站, 如国家林业局独立建立了11个森林定位研究观测站。一些地方研究机构和国家自然保护区、国家公园等也开展了不同类型的观测和生态系统定位研究。(赵士洞, 欧阳竹, 2003; 周晓峰, 1994)

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。它不仅在加强生态学研究的协调性以及观测仪器和项目的规范方面起到积极作用, 同时也为宏观尺度上生态学问题的研究提供了一个长期的平台。当前我国许多重大的国家课题和基金项目都是以生态系统定位站为依托进行的。研究积累了大量基础资料, 也为生态系统观测研究向网络化发展打下了基础。

(五) 生态学在可持续发展领域内的研究

在国家的水平上, 生态学家积极推动可持续发展理论研究、可持续发展战略实施并参与可持续发展社区的建设。我国的一些著名生态学家参与了联合国环境与发展委员会(WCED)和世界自然保护联盟(ICUN)等工作, 并参加了《我们共同的未来》等一系列重要文献的起草工作, 并在国内进行了积极的宣传。我国生态学工作者对可持续发展评价指标体系与评价方法进行了系统研究, 参与制定了国家21世纪议程框架设计和部门与区域21世纪议程实施方案的制定。中国科学院1999年系统出版了中国可持续发展能力报告, 其中对中国各省、市、自治区的可持续发展综合能力进行了综合评价和分类排序, 用绿色GDP的理论及指标对可持续发展进行评价, 在社会上引起了重要的反响; 生态学家还与有关水利、农业、林业、土地利用和环境科学等方面的专家一起进行中国可持续发展水资源战略(钱正英, 张光斗主编, 2001)和中国可持续发展林业战略(2002)研究, 把可持续发展和生态系统服务的理论应用到综合国力的评价中来(赵景

柱, 2003)。

在区域水平上, 生态学家积极参与了西部大开发中有关生态建设方面的工作。其中包括西部可持续发展战略研究, 水资源的合理利用和生态需水的研究以及荒漠化治理方面, 取得了明显的成就, 突出的表现在阐明了沙漠物质的来源、沙丘形成发育和运动规律; 从历史时期沙漠的变化规律, 了解沙漠化的演变趋势以及人类活动对沙漠化的影响; 研究了中国主要沙漠的自然条件差异, 为因地制宜地治理沙漠提供了科学依据; 为农田沙害的治理、铁路及公路沙害的治理和防护林建设提供了系列措施; 总结了大量的沙区水土资源利用及新绿洲建设的成功经验。

我国南方地区进行的退化生态系统的恢复和热带人工复合生态系统的建造与管理, 北方地区天然林的保育与可持续管理以及脆弱的生态高度带的保护与合理利用成为研究的重点。

20世纪90年代以后, 国家和地方掀起了以县、市、省为单元的生态建设的新高潮。我国生态学工作者在这方面起到了倡导的作用, 并身体力行地投入到城市建设的规划、设计、论证与评估等工作中。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。

在产业生态学方面, 我国学者与工农业生产相结合, 根据我国的特点, 使之得到迅速的发展。特别是我国的生态农业, 植根于我国传统的基础之上, 应用生态学和生态经济学原理, 创造出了多种成功的经验。不仅对于我国农业的可持续发展, 同时对于具有类似条件的发展中国家也具有示范作用。(李文华等, 2003; Li Wenhua, 2001)

近年来, 生态学加强了社会科学研究, 对生态文明建设给予越来越多的关注。这对于规范人们的行为, 引导合理的消费和正确的价值取向, 以及政策法规的建立, 实现可持续发展都具有重要的意义。

（六）生物多样性研究

在生物多样性研究方面，中国的生态学家先后参与了《中国生物多样性保护行动计划》、《中国生物多样性国情研究报告》等的编写，并开展了中国生物多样性保护中长期战略方案、中国生物多样性数据管理与信息网络能力建设等的研究，对《生物多样性公约》中的国家履行策略、影响和投资分析、政策体系等进行了分析，对生物多样性测度与评价方法进行了探索，对一些稀有物种的生物多样性进行了观测研究。尤其在生物多样性编目、生物多样性保护技术和理论研究以及多样性监测与信息系统的方面取得了很大的成绩，生物技术也广泛应用于农林业领域。主要研究成就表现在以下几个方面：

（1）生物多样性编目 在生态系统层次，从60-70年代起中国就组织了大规模的全国植被和各类自然生态系统调查，陆续出版了《中国植被》、《中国自然地理》丛书以及各种生态系统的志书。在物种编目层次，自60年代开始陆续出版了《中国植物志》、《中国动物志》、《中国海洋生物种类及分布》等志书，整理鉴定中药材资源12807种，保存了植物标本1600万份，动物标本500万份，微生物菌种及标本25万份。此外，还收集了大量的大田作物、蔬菜、牧草、畜禽品种资源。

（2）在生物多样性保护技术和理论研究方面，中科院成立了生物多样性委员会，开展了保护生态学的基础研究，为生物多样性的应用和管理研究奠定了基础。珍稀濒危动物繁育技术方面已取得了突破性进展，建立了珍稀濒危植物繁育基地，遗传种质资源保存技术得到了较多的利用。

（3）在监测信息系统方面，建立了以生态定位观测站、环境监测站为主的资源监测网络体系，建立了生物多样性和资源信息系统，出版大量有关自然保护和生物多样性保护的专著和译著。

（4）全国建立了10余个国家重点生物技术实验室，形成了一个较强大的生物技术研究基础，在应用于农林业的生物多样性研究方面取得了丰硕成果。

（七）全球变化研究

我国的生态学家也积极参与了全球变化的研究。其中包括土地覆盖/土地利用变化（LUCC）及其驱动力和对全球变化的影响与响应；人类活动对全球变化的影响研究计划（IHDP）；全球变化中的陆地样带研究；陆地、海洋、湿地对全球变化的作用等。如基于特定地区的全球变化因素可变性明显及其全球变化潜在反馈的强度，国际地圈—生物圈计划（IGBP）正式提出在全球4个关键地区启动陆地样带：（1）正在经受土地利用变化的湿润热带系统，（2）从北方森林延伸到冻原的高纬度地区，（3）由于干旱森林到灌丛的热带半干旱区，（4）从森林或灌丛向草地过渡的中纬度半干旱区。中国东北温带森林—草原陆地样带即为中纬度半干旱区的样带之一。它于1993年被列为（IGBP）陆地样带之一，并正式定名为中国东北样带（NECT），被国际上确定为全球范围内具有示范性的一条。

此外，我国还进行了东部样带的研究。我国东部地区位于亚洲季风气候区，具有地球上最完整的森林地带系列。从北（北纬53°31′的漠河）到南（北纬4°15′的南沙群岛）的广大东部陆地依次分布着寒温带针叶林、温带针阔叶混交林、暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林、热带雨林、季雨林和赤道珊瑚岛常绿阔叶林，形成了世界上独特而完整的以热量梯度驱动的植被连续带，是研究陆地生态系统对全球变化响应的天然实验室。在该地区开展全球变化研究易于实现理论研究的创新与突破，提高我国在全球变化研究领域的国际地位。正因为如此，1995年国际地圈—生物圈计划（IGBP）在该区域设定了用于全球变化（主要是温度梯度与土地利用变化为驱动力）研究的国际陆地样带：中国东部南北样带（NSTEC: North-South Transect of Eastern China）。

中国东部南北样带位于中国东部E108°~E118°，沿经线由海南岛北上至N40°，然后向东错位8°，再由东部E118°~E128°往北到国界。该样带宽跨越10个经度，包括了我国主要的农业生态系统和夏季东南季风气候控制下的纬度地带性植被

生态系统类型，直线距离超过3700公里，总面积占国土面积的1/3，覆盖17省市，人口约7亿。针对我国东部地区经济的高速发展、资源短缺、人口剧增、粮食安全、生态系统退化等一些重大社会问题，加大我国东部地区生态环境研究力度，并努力使其得到改善，对实现国家的长治久安、保证“西部大开发”战略的顺利实施以及社会经济的可持续发展具有十分重要的意义。这两方面的科学研究工作都已经取得很好的成果。(周广胜，王玉辉，2003)

另一方面的工作是以C、N和水分为重点的物质循环的研究。这些方面已经被列入重点基础研究的范畴。

(八) 生态学理论和交叉学科领域的探索

随着科学的发展与技术的进步，我国的生态学家也在一些新学科方面进行了积极的探索。如在理论生态学研究关于数学生态学模型的建立、社会—经济—自然复合生态系统的动力学机制与调控方法论、生态位概念的扩充及其应用、生态场理论及其测度等方面，研究成果受到国际上的重视；在应用生态学方面，特别是关于生态工程、生态经济的研究、示范与推广，以及在农林复合经营、流域治理、防护林建设、生态县与社会发展综合试验区建设等方面，不仅拓宽了生态学的研究内容，而且以其鲜明的地方特色受到国际好评。另外，一些生态学家还在人类生态学与城市生态学方面，进行了较为系统的研究。

尽管我国在生态学研究已经取得了一定的成绩，但是与国际生态学的发展和社会与经济对生态学的要求相比，还有较大的差距。这突出表现在：我们的基础理论研究不够，缺乏长期的科学资料的积累；对一些学科中的重大问题缺乏前瞻性和定量地解决大系统的能力；一些新的交叉学科发展缓慢。造成这种情况的原因除了实验技术设备落后和经费投入不足外，还由于缺乏学科和部门之间信息的交流与协作，特别是缺乏与社会科学和工程技术

方面的交流。

但是，另一方面我们也应看到我国在发展生态学方面的有利条件。一个很重要的方面就是，我国幅员辽阔、自然条件多样，从高山到平原、从热带到寒温带、从森林到草原、从荒漠到海洋，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。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。“天人合一”、“三才”等思想及中国古代哲学中的整体论、协调论观点，对了解和调控生物、环境和人类的相互关系提供了坚实的哲学基础。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、又具有持续发展思想的实践经验与技术体系。特别是关于复合生态系统理论与方法研究，农田、森林与草地生态系统的结构与功能研究，人工复合生态系统及其调控研究，全球变化的生态学研究、生物多样性保护与保护生态学、恢复生态学研究等。同时尽管我国现代生态学研究起步较晚，但具有理论与生产实际相结合的优良传统，并逐渐形成了一个相对较为完善的管理体制。就科协管理来说，中国生态学会、中国可持续发展研究会、中国生态经济学会、中国环境保护学会等及其所属的专业委员会，对生态学及其各分支的研究，进行了大量的组织、管理与协调工作。特别需要指出的是，在几十年的生态学发展过程中，已培养了一大批具有扎实基础知识与专业知识的中、青年生态学工作者，他们已经在我国的生态学研究中发挥了重要作用。

四、我国生态学发展的展望

我国生态学发展的历史较短，我认为现在正处在一个关键的时刻，但是以发展的眼光看，我对前途报乐观的态度。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，我国有多种多样的自然条件和丰富的生物多样性，2，我国有传统的生态系统的管理经验和深厚的文化积淀，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国际研究机构或研究项目中间, 参与工作或担任领导, 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。

从中、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深入研究外, 要对当前解决的一些问题和跨学科的研究领域给予特殊的注意, 其中包括下列十几个方面的问题:

1. 生态学基础理论与方法的研究
2. 个体、群落和生态系统的结构、功能和动态的研究
3. 生态系统可持续管理
4. 生态脆弱区的生态调控与恢复生态学研

究:

5. 生物多样性保护和保育生态学
6. 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
7. 以工业生态学和农业生态学为主的产业生态学研究
8. 区域可持续发展的研究
9. 人类生态学、生态经济学和生态文明
10. 生物多样性保护和保育生态学研究
11. 生态工程学与生态经济学的研究
12. 对突发性事件的研究

近年来, 中国的党和政府在总结国际和国内 20 余年成功和失败的经验的基础上提出了科学发展观。这一政策具有深刻的生态学内涵, 同时也为生态学的发展开拓了广阔多了前景。我们应该抓住大好机遇, 紧密结合我国实际, 在发展学科的过程中, 为国家的经济建设做出贡献。另一方面, 当前时代的特征是以经济的全球化和环境的全球变化为特征的。加强国际学术交流具有重要的意义。我们高兴地看到, 中国与日本在生态学方面合作不断加强。东亚的国家不论在地理的区位和文化的传统上具有很大的共同性和互补性。三年前, 中日韩三国的生态学会, 联合组成了东亚生态学会联盟 (EAFEAS), 并进行了多次交流与合作, 我们希望以此为契机, 把我们两国在生态领域的学术交流, 更深入地进行下去。