

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

2008 年第 1 期（总第 15 期）

1 月 24 日印发

生态系统研究的新领域、新技术与新方法

中国生态系统研究网络综合研究中心

【编者按】2007 年 12 月 17 日，中国生态大讲堂 2007 年冬季学术研讨会在中国科学院地理科学与资源研究所举行。会议的主题为：生态系统研究的新理念、新领域、新技术与新方法。会议邀请了傅声雷、汪诗平、孔垂华、徐明、孔繁翔、李胜功、陈良富、王辉民、郑循华、于贵瑞等 10 位在中国生态系统研究网络(CERN)工作的青年科学家做学术讲演，其中有 8 位是中国科学院近年来引进的“百人计划”学者。中国科学院资环局冯仁国副局长主持会议并讲话。来自全国各地的 200 余人参加了会议。

本报告是根据会议报告和讨论情况整理而成的，供 CERN 生态站/中心及其他机构和人员参阅。

本次中国生态大讲堂冬季研讨会是由中国生态系统研究网络、国家生态系统研究网络综合研究中心以及中国科学院生态系统网络观测与模拟重点实验室主办，10名邀请报告人分别就地下生态系统土壤根系的研究方法、植物化感作用在生态治理上的应用、水域蓝藻爆发预警机制的理论探讨、遥感作为技术手段在生态系统研究中的应用，在高频条件下提高对温室气体测定精度的新技术、青藏高原和蒙古高原地区的相关研究等做了精彩的学术讲演，并同与会代表就有关问题进行了探讨。

需要说明的是，本报告主要是根据研讨会的报告整理的，附以直接相关的文献，仅仅是本次研讨会所涉及内容的很小一部分，对生态系统研究的新领域、新技术与新方法来说更是“冰山一角”。相关内容未经报告人审阅。

一、生态系统研究的新理念

1、向更为微观和更为宏观的方向发展

生态学是研究生物与生物及生物与环境之间关系的科学，现代生态学还将社会因素融入生态系统，从而形成一个复合生态系统。当代生态学研究领域不断变化，研究对象的时空尺度不断扩展，学科之间的融合与分化，研究内容从研究结构向功能和动态过程深化。生态学研究对象的尺度正在同时向宏观和微观两个方向发展。在宏观上，由个体、种群、群落扩展到区域和全球尺度；在微观上，分子生态学正在发挥越来越重要的作用，比如基因组排序等，显示了分子尺度的微观研究在生态学中的重要意义。

2、多学科多领域的系统交叉

生态系统的长期网络观测、实验和研究是全球变化研究的重要手段。同时，长期动态观测与遥感、地理信息系统和数学模型相结合，可以在景观、区域和全球尺度上分析生态系统格局与过程的变化^[1]。长期生态学观测和研究经历了单站研究—网络研究—综合研究的发展历程，所研究的领域也由经典的生态学领域向自然科学与人文科学相结合的方向发展，以长期生态研究计划带动网络发展的模式越来越

显示出其旺盛的生命力，明显提升了生态过程和机理研究的能力和水平。

3、构建大尺度的生态系统联网观测与研究平台

在生态系统网络原有的野外台站数据平台研究基础上进行拓展和延伸。于贵瑞研究员强调，只有开展多尺度观测、多方法印证、多过程融合、跨尺度认知、跨尺度模拟，才能建立真正意义上的联网研究，才能更好地加强生态系统研究“科学服务社会”的功能。注重与国际学术的交流与合作，构建跨国的区域尺度的生态系统联网观测与研究平台，是 CERN 今后发展的重要方向之一。另据王辉民研究员介绍，2005 年，全球通量网（FLUXNET）有 200 多个观测站，到 2007 年已达到 400 多个。

二、生态系统研究的新领域

1、高原草地生态系统对全球变化的响应及其碳通量变化

全球变暖是指全球气温升高。近一百多年来，全球平均气温经历了冷-暖-冷-暖两次波动，总体为上升趋势。越来越多的研究表明，全球变暖已经成为一个不争的事实，联合国政府间气候变化委员会（IPCC）《第四次气候评估报告》预计未来 20 年，全球气温将每 10 年上升 0.2℃左右。全球变暖的主要原因是人类在近一个世纪以来大量使用矿物燃料，排放大量的温室气体。全球变暖对人类的影响是多方面的：全球降水量重新分配、冰川和冻土消融、海平面上升等，既危害自然生态系统的平衡，还威胁到人类的食物供应和居住环境。

研究陆地生态系统的生物地球化学循环过程的变化规律和作用机制是全球气候变化和生态系统研究的前沿问题。大量研究表明了全球气候变化与温室气体排放量之间的相关关系，因此对主要温室气体 CO₂、CH₄、N₂O 排放过程相关的全球碳、氮通量变化成为研究热点^[2]。

汪诗平研究员认为，草地是仅次于森林的全球最大的陆地生态系统，在全球生物地球化学循环中的作用不亚于森林。由于受到放牧的持续影响，其生态功能过程与森林相比差异显著。但是对草地碳循环过程的关注远比不上对森林的关注，草地生态系统在全球变化和人类

活动双重影响下的碳水循环过程研究至关重要。作为地处高纬度和高海拔的青藏高原和蒙古高原，更是气候变化的敏感区，那里的草地生态系统在区域乃至全球气候变化中发挥着非常重要的作用。在这些区域的研究有待进一步深入。

李胜功研究员等通过对蒙古高原草原生态系统的研究表明，草地生态系统的碳汇潜力具有不确定性。通过涡度方差技术测定草地生产力，并结合禁牧试验研究蒙古高原草地的碳收支情况，发现蒙古高原草原是一个微弱的碳汇，并且碳收支对温度和降水较为敏感^[3]。温度的变化影响呼吸作用，而降水影响空气饱和差，从而影响生态系统碳的固定。研究还表明，植被的水分利用效率与植物体的氮素含量呈线性相关，这表明蒙古高原的植被受到氮素的限制。

2、适度放牧对生态系统碳通量的影响研究

据汪诗平研究员等对青藏高原的草原研究，通过点上的长期定位研究（时间尺度）及空间代替时间的样线（样带）空间研究相结合的方法，结合增温和放牧试验等控制性实验，发现青藏高原的草地生产力为温度制约性，并提出了“如果说过度放牧带来的是负面的生态效果，那么适度放牧则有利于草的生长、有利于碳的积累”的新观念^[4]。对“无干扰草地生态系统就是最好的生态状态”的观念提出了挑战。

草地生态系统到底是碳源还是碳汇，其碳收支是否平衡，可能受何种因素的影响，如何解决提高草地生产力并增加碳汇潜力的制约因素等，这些问题的深入研究将成为全球变化研究的重要领域。

三、生态系统研究的新技术

1、遥感作为技术手段在生态系统研究中的应用

生态系统网络研究从原来的动态监测、科学研究、到试验示范的功能逐渐向服务于社会的功能转变。改善生态系统提供产品和服务的能力，建立适应于全球变化，并可满足社会经济发展需求的可持续的生态系统是对生态系统网络建设的新要求。这就需要生态系统研究应该向更大的，人类发展需求的尺度上延伸，通过小尺度上的站点观测数据推绎大尺度上的数据存在较大误差，无法满足对大尺度研究的精

度需求。这种情况下，遥感技术与生态系统长期定位研究的有效结合为解决大尺度与高精度观测与研究提供了新的技术途径。

实验遥感技术与尺度转换理论是生态系统研究的新技术。利用实验遥感技术与尺度转换理论的有机结合，开发土壤墒情、作物长势和产量的遥感诊断与预测；运用卫星资料开展地表水状况的实验遥感评价与向中大空间尺度转换；组织有关台站采用现代涡度相关技术，开发水汽流、CO₂流及其他物质输送的观测新技术为 CERN 的重要研究任务之一。

陈良富研究员认为，卫星遥感可以提供不同时空尺度和不同空间分辨率的数据。以遥感技术为辅助手段，使过程模型和气候模型相结合，从而实现陆地生态系统由点到面的扩展。利用遥感技术可以估算植物的净初级生产率（NPP）、叶面积指数（LAI）、归一化差值植被指数（NDVI），从而可以反映植被潜在生产力、生长状态及植被覆盖程度^[5]。高光谱遥感可以反演冠层的 C/N 从而间接反演大尺度的土壤的 C/N。另外，结合相应的地面试验研究及参数估算，有望通过遥感技术拓展土壤生态学中亟待解决的土壤湿度测定、土壤碳储量等领域的研究。

南京地理与湖泊研究所根据遥感监测数据，建立卫星遥感影像和叶绿素浓度之间关系模型，并通过模型监测蓝藻水华、反演叶绿素浓度，再结合重点区域的人工监测，进行参数的阈值确定，从而对太湖蓝藻水华形成的时空分布进行预测，这种预警作用对避免水危机以及控制水华的产生有重要意义^[6]，目前已基本形成理论机制。

2、在高频条件下提高对温室气体测定精度的新技术

全球变化越来越引起人们的关注，使人们开始重视对引起全球变化的主要温室气体排放量的测定。但是温室气体的排放系数大多来自传统的低频测定的方法，误差相当之大。由于 C、N 气体的排放过程非常迅速，因此低频测定往往低估其排量。频度越低，低估的程度越高。低频观测的规律性数据来描述区域尺度，误差很大，不适合用于过程模型的建立与验证。碳、氮等微量气体交换规律与机制的研究需要同

步、高频、长期测定多种气体的交换通量^[7]。

郑循华研究员等研发了一种新型的温室气体测定技术，即 AMEG-1，它是基于箱法原理的 CO₂、CH₄、N₂O、NO 排放通量同步自动观测系统，这种箱法技术具有高灵敏性，避免了低频测定的误差。其观测原理为利用浓度变化率来估算排放通量，并利用温度等条件的变化来校正，只有当观察数据达到统计显著的数据时，方视为有效的。

这种技术的应用表明，生态系统研究的新技术正在向高精度、高频度的方向发展，这使得其研究的结果更可信，更能有效地揭示生态系统的变化。

3、自动监测与无线传输技术

据孔繁祥研究员介绍，目前太湖湖泊生态系统研究站已经建立了水质自动监测与无线传输系统，实现了叶绿素、藻蓝素、溶解氧、水温和浊度等水环境参数的高频率、全天候的快速监测与自动采集，并通过 CDMA 和 GPRS 无线传输到南京地理与湖泊研究所。该系统在蓝藻水华爆发的预测与预警起到了关键作用，太湖站也已成为国际湖泊生态观测网络的成员。

四、生态系统研究的新方法

生态系统作为全球生物大循环圈层的一部分，其研究方法已不再拘泥于单纯的生物和环境的实验观测，而是逐渐地与化学及物理领域的研究方法相综合，旨在解决与人类生产、生活休戚相关的各种生态问题，实现生态系统的最优服务功能。

1、地下生态系统土壤生物学的研究

傅声雷研究员认为，生物地球化学循环是生态系统最重要的功能之一，其中很多过程是在土壤中发生，受土壤生物所调控。大多数生物多样性的研究都集中在植物多样性对生态系统功能的影响等方面，对于土壤生物多样性如何影响生态系统功能的报道十分有限。其中土壤生物对全球变化的响应与适应；土壤食物网中各生物类群之间的正、负反馈作用机制；土壤生物与植物根际之间的相互作用以及土壤生物功能群对生态系统功能的影响已经逐渐成为土壤生态学研究的

热点和发展趋势。

土壤生物学的研究是整个生态系统功能研究中的重要部分，土壤微生物对整个生态系统养分和水分循环的作用不可忽视，土壤生物多样性领域的相关研究十分重要。

据王辉民研究员介绍，细根周转直接测定方法主要有根钻法、生长袋法、根室法、微根管法等，最近同位素测定法也有所报道，但总体上来说，根系生态学（地下生态学）研究还很薄弱，亟需找到更准确易行的方法。

2、植物化感作用在生态治理上的应用

据孔垂华研究员介绍，植物化感作用被日益重视仅是近二十年的事，其研究的广度和深度还远远不够，加上其量微少，环境因素复杂，研究手段和方法还存在一系列困难，所以已获得可应用的结果尚少，但有些研究成果一经应用就显示出惊人的效应，尤其是对生态环境和可持续发展方面有很重要的意义。

化感作用就是植物之间的相生相克的作用。植物通常会通过茎、叶、根向空气或土壤中挥发化学物质，一些腐烂的枝叶也不断向环境释放化学物质，这些物质对周围植物具有促进或是抑制作用。这本是一种化学现象，但是近来在化感作用在作物增产、森林抚育、病虫害防治、生物复合群落等方面开展了一些初步研究和应用实践。

因势利导，在生态安全的前提下，对外来入侵生物进行控制利用成为控制生物入侵的新战略，这样在减小生物多样性破坏的同时不对生态系统的结构造成破坏，将成为一种保证生态系统功能完整性的有效途径。

沈阳应用生态研究所利用作物的化感作用，培育高产、化感品种进行研究，以期达到在防治杂草同时减少除草剂的用量^[8]，降低农业生产成本，这逐渐成为目前该领域研究的热点问题。化感作用在减少人工育林的人工连栽的化学障碍上的研究还有待开展。

根据植物之间的化感作用，利用化感物质抑制有害植物是一种廉价、安全、高效的方法。这种新的方法在生态系统研究的应用前景值

得关注。

3、土壤呼吸的测定

土壤呼吸包括根系自养呼吸和土壤微生物的呼吸，对土壤呼吸的测定主要利用红外分析仪进行土壤呼吸系统的监测。但是长期、连续时间观测，会对土壤环境造成破坏，很难避免温度对其精度的影响^[9]。徐明研究员等所研发的自动土壤呼吸系统可以上下旋转，减小了温度对其影响，同时降低了地土壤层的破坏。

对根的呼吸分离，需要对地上的凋落物的剔除，并且要保证土壤根系死亡，无木质素分解时测定结果才比较准确。根系的呼吸分离目前尚无更精密的方法。

4、生态系统大型野外控制实验

傅声雷研究员介绍了国内外著名的大型野外控制实验，其中包括凋落物剔除和转移实验（DIRT - Detritus Input Removal and Transfer）、土壤生物多样性实验（ECOTRON）、全球凋落物无脊椎动物分解实验（GLIDE）、火烧和种植对土壤生物多样性的影响、自由空气二氧化碳倍增设施（FACE）、土壤动物野外剔除实验等^[10]。

五、结语

CERN)生态站的长期、连续、动态的基础数据的积累能够反映生态系统结构与功能变化^[11]。生态系统网络研究在过去20年已经取得了重要的进展，目前正面临着新的发展机遇与挑战，需要时刻把握学科研究的前沿动态与热点问题，不断拓展新的研究领域，促进新技术与新方法在生态系统观测与研究中的应用。

参考文献

- [1] 牛栋等, 2006. 中国生态系统研究网络 (CERN) 的建设与思考. 中国科学院院刊. 21 (6): 466 ~ 471
- [2] 傅伯杰、牛栋、赵士洞, 2005. 全球变化与陆地生态系统研究: 回顾与展望. 地球科学进展, 20(5): 556 ~ 560
- [3] 常学礼、赵爱芬、李胜功, 2000. 科尔沁沙地固定沙丘植被物种多样性对降水变化的响应. 植物生态学报. 24(2): 147 ~ 151
- [4] 刘忠宽、汪诗平等, 2006. 不同放牧强度草原休牧后土壤养分和植物群落变化特征. 生态学报. 26(6): 2048 ~ 2056
- [5] 程宇、陈良富等, 2006. 基于 MODIS 数据对不同植被覆盖下土壤水分监测的可行性研究. 遥感学报. 10(5): 783 ~ 788
- [6] 孔繁翔等, 2006. 太湖流域水污染控制与生态修复的研究与战略思考. 湖泊科学. 18(3): 193 ~ 198
- [7] 郑循华等, 2002. 开放式空气 CO₂ 浓度增高影响稻田大气 CO₂ 净交换的静态暗箱法观测研究. 应用生态学报. 13(10): 1240 ~ 1244
- [8] 赵华、谷炎、孔垂华, 2006. 水稻化感品种对土壤微生物的影响. 生态学报. (8), 2771 ~ 2773
- [9] 侯琳、雷瑞德等, 2006. 森林生态系统土壤呼吸研究进展. 土壤通报. 37(3): 589 ~ 594
- [10] 傅声雷, 2007. 土壤生物多样性的研究概况. 生物多样性. 15(2): 109 ~ 115
- [11] 孙鸿烈, 2006. 中国生态系统研究网络为生态系统评估提供科技支撑. 资源科学. 28 (4): 2 ~ 3

附件:

2007 年中国生态大讲堂冬季研讨会报告人与题目

- 傅声雷 中国科学院华南植物园 研究员
长期野外控制实验与土壤生物学研究
- 汪诗平 中国科学院西北高原生物研究所 研究员
青藏高原对气候变化响应与适应的实验研究
- 孔垂华 中国科学院沈阳应用生态研究所 研究员
农林生态系统中的植物化感作用
- 徐 明 中国科学院地理科学与资源研究所 研究员
土壤呼吸研究进展及存在的问题
- 孔繁翔 中国科学院南京地理与湖泊研究所 研究员
太湖蓝藻水华的预防、预测与预警
- 李胜功 中国科学院地理科学与资源研究所 研究员
透视蒙古高原草地生态系统的生态水文过程:
人与自然和谐的挑战
- 陈良富 中国科学院遥感应用研究所 研究员
遥感在生态系统研究中的应用
- 王辉民 中国科学院地理科学与资源研究所 研究员
生态系统碳循环研究中的根与叶
- 郑循华 中国科学院大气物理研究所 研究员
土壤温室气体排放的测定与分析技术
- 于贵瑞 中国科学院地理科学与资源研究所 研究员
生态系统联网研究的进展与2020年展望

报告整理: 夏少霞
责任编辑: 于秀波

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

(2007年目录)

- 2月1日 第2期 **CERN** 在地球系统科学中的作用与发展思路
傅伯杰
- 3月20日 第3期 美国土地休耕计划
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 4月15日 第4期 澳大利亚自然遗产信托基金
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 9月10日 第5期 中国流域综合管理战略研究
流域综合管理核心专家组
- 10月20日 第6期 国际长期生态学研讨会的总结及其对 **CERN** 发展的启示
赵士洞、于贵瑞、于秀波
- 11月16日 第7期 美国长期生态研究的新方向
G. Philip Robertson
- 11月20日 第8期 英国生态系统长期监测与研究进展
Terry Parr
- 12月28日 第9期 湿地生物多样性保护主流化的探索与实践
UNDP/GEF 中国湿地生物多样性保护项目

(2008年目录)

- 1月24日 第1期 生态系统研究的新领域、新技术与新方法
中国生态系统研究网络综合研究中心

关注中国生态系统监测、研究、评估、管理与政策进展

主办单位:

国家生态系统观测研究网络综合研究中心

中国生态系统研究网络综合研究中心

中国生态系统研究网络科学委员会秘书处

中科院生态网络观测与模拟重点实验室

编辑部:

于贵瑞、欧阳竹、于秀波(常务)

通信地址: 北京市朝阳区大屯路甲11号

中科院地理科学与资源研究所

CERN 综合研究中心

邮政编码: 100101

传 真: 010-6486 8962

电子邮件: cef@cern.ac.cn

网 页: <http://www.cern.ac.cn>