

# 国际重大研究计划与中国生态系统研究展望 ——中国生态大讲堂百期学术演讲暨2014年春季研讨会评述

孙鸿烈<sup>1</sup>, 陈宜瑜<sup>2</sup>, 于贵瑞<sup>1</sup>, 于秀波<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 国家自然科学基金委员会, 北京 100085)

**摘要:**以“传播新知识、交流新思想、展示新成果”为宗旨的中国生态大讲堂百期学术演讲暨2014年春季研讨会于2014年4月25日在北京举行。本次研讨会以“国际重大研究计划与中国生态系统研究展望”为主题,邀请秦大河、姚檀栋、傅伯杰、崔鹏4位中国科学院院士和马克平、于贵瑞、张佳宝、秦伯强4位知名专家作了主题报告。8位报告人分别介绍了政府间气候变化专门委员会(IPCC)、未来地球(Future Earth)、第三极环境(Third Pole Environment)、国际长期生态监测研究网络(ILTER)、生物多样性和生态系统服务政府间科学—政策平台(IPBES)、生物多样性计划(DIVERSITAS)、通量观测研究计划(FluxNet)等国际重大研究计划的进展和趋势,并就山洪泥石流风险分析与管理、碳通量空间格局及生物地理生态学机制、农田地力提升和湖泊富营养化治理等领域的前沿科学问题和研究进展作了系统阐释。基于8位报告人的演讲,本文评述了8个报告的主要内容和亮点工作,分析了国际生态环境领域重大国际研究计划的发展趋势及其对中国生态系统研究的启示,讨论了中国相关领域的科学研究方向和主要问题。

**关键词:**中国生态大讲堂;国际重大研究计划;政府间气候变化专门委员会;未来地球;“第三极环境”计划;国际长期生态监测研究网络;生物多样性和生态系统服务政府间科学—政策平台;生物多样性计划;通量观测研究计划;生态系统服务;山洪泥石流;碳通量;农田地力;湖泊富营养化

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.07.001

中图分类号: X144; P901

文献标识码: A

## 1 引言

中国生态大讲堂由国家生态系统研究网络综合中心、中国科学院生态系统研究网络综合中心、中国生态系统研究网络秘书处、中国科学院生态系统网络观测与模拟重点实验室等共同主办,以“传播新知识、交流新思想、展示新成果”为宗旨,邀请国内外知名生态学家进行演讲和学术研讨。自2005年底启动以来,每月举办一次,从未间断,已成为中国生态系统研究的知名学术交流品牌,为学术交流与知识普及作出了重要贡献(于贵瑞, 2009; 傅伯杰等, 2010; 伍业刚等, 2010; 韩兴国等, 2012; 傅伯杰, 2013)。

2014年4月25日,以“国际重大研究计划与我国生态系统研究展望”为主题举行了中国生态大讲堂百期学术演讲暨2014年春季研讨会,邀请了秦大河、姚檀栋、傅伯杰、崔鹏4位中科院院士,以及

马克平、于贵瑞、秦伯强、张佳宝4位研究员作了主题报告。这些报告介绍了政府间气候变化专门委员会(IPCC)、未来地球(Future Earth, FE)计划、第三极环境(Third Pole Environment, TPE)国际研究计划、国际长期生态学研究网络(ILTER)、生物多样性和生态系统服务政府间科学—政策平台(IPBES)、生物多样性计划(DIVERSITAS)、通量观测网络(FLUXNET)等生态环境领域国际重大研究计划的科学研究进展与发展趋势。

随着人类活动对生态系统干扰和破坏的不断加剧,生态环境问题已成为21世纪人类所面临的巨大挑战之一。这些严峻挑战是在不同区域和全球尺度发生的,其内容之广泛、涉及学科之众多、研究问题之深奥,也并非一国或数国能够独立承担和解决的。当今世界各国处于不同的发展阶段,面对不同的国情,探索应对全球环境变化问题,需要加强国际交流,相互借鉴、相互学习,需要全世界科学

收稿日期: 2014-07; 修订日期: 2014-07。

作者简介: 孙鸿烈(1932-),男,河南濮阳人,中国科学院院士,主要从事资源环境与区域发展综合研究, E-mail: sunhl@igsrr.ac.cn。

陈宜瑜(1944-),男,福建莆田人,中国科学院院士,主要从事水生生物与水域生态系统研究, E-mail: chenyy@nsc.gov.cn。

家的共同努力、协同工作、联合攻关。国际重大研究计划正是承担这一使命的重要科技活动组织方式,一些国际计划在促进相关学科的发展和科技进步方面都具有战略性、前瞻性、全局性的带动作用(陈宜瑜等, 2002)。

中国政府秉持开放的态度,鼓励学者积极参与相关研究领域的国际合作,中国科学家们全面参与了这些重大国际科学研究计划,而且参与的广度、深度及发挥的作用也在不断扩大和提升。比如,秦大河院士长期参与IPCC评估报告的编写,并担任IPCC第四次和第五次评估报告第一工作组联合主席,同时还是国际科联“未来地球计划”(FE)科学委员会委员、“未来地球计划”中国国家委员会主席;姚檀栋院士倡议成立了“第三极环境”(TPE)国际计划,并担任科学委员会主席;傅伯杰院士担任国际长期生态学研究网络(ILTER)副主席、生物多样性和生态系统服务政府间科学—政策平台(IPBES)专家委员会委员、中国生态系统研究网络(CERN)科学委员会副主席;于贵瑞研究员担任CERN综合研究中心主任、CERN科学委员会副主任,曾担任亚洲通量网(AsiaFLUX)副主席,并主持创建了中国陆地生态系统通量观测研究网络(ChinaFLUX);马克平研究员担任亚洲和西太平洋地区生物多样性委员会执委、DIVERSITAS中国国家委员会秘书长等。

本次生态大讲堂邀请了上述知名专家就若干重大计划的最新进展和研究趋势进行学术演讲。此外,还邀请了崔鹏院士、于贵瑞研究员、张佳宝研究员、秦伯强研究员,分别就山洪泥石流风险分析与管理、农田地力提升和湖泊富营养化治理等科学问题研究进展进行了系统阐释。本文基于生态大讲堂第100期学术演讲暨春季学术研讨会的学术报告,简要梳理了相关研究领域的主要内容和亮点工作,评述了国际生态环境领域重大国际研究计划的发展趋势及其对中国生态系统研究的启示,讨论了相关领域的科学研究方向和主要问题,为促进中国生态系统生态学及其相关科学的发展提供有价值的参考。

## 2 国际重大研究计划

### 2.1 全球气候变化研究计划及IPCC评估报告

秦大河院士参与IPCC的科学研究工作已近20年,承担了IPCC第四次和第五次评估报告第一工作组联合主席的责任,在IPCC这个重要的跨政府

平台上展示了中国科学家的风采,并对冰冻圈和全球气候变化科学发展作出了重大贡献。本次学术报告中,他介绍了IPCC第五次评估报告3个工作组的亮点性评估结论,为理解IPCC工作和开展全球气候变化科学研究提供了理论指导。秦大河院士介绍了IPCC第一工作组“全球气候变化自然科学基础”,第二工作组“全球气候变化的影响、适应和脆弱性”和第三工作组“人类为减缓气候变化适应行动”等3个报告的编写过程、主要内容及其关键结论,特别介绍了3个重要结论并作了详细解读。

(1) IPCC第五次评估报告(AR5)总结了全球气候变化的观测事实、归因分析和未来气候系统变化预估方面的最新研究进展,发现在1880-2012年的近130年中,全球地表的平均温度升高了 $0.85^{\circ}\text{C}$ ;基于大量观测数据指出,近百年人类活动加剧了全球气候变暖是毋庸置疑的事实。气候变暖使海洋增暖,全球几乎所有冰川发生退缩(IPCC, 2013a)。气候变化的归因分析表明,人类活动(尤其是 $\text{CO}_2$ 排放)是气候变暖的主因之一(IPCC, 2013b)。

(2) “气候变化2014:影响、适应和脆弱性”报告预测,如果气温较工业化之前的时代升高 $2^{\circ}\text{C}$ 左右,年经济损失可能达到全球GDP的0.2%~2.0%(IPCC, 2013c)。气温升高会带来一系列风险,包括死亡和疾病增加、食品安全、洪涝灾害、农村饮水和灌溉困难等问题,其风险程度取决于脆弱性、暴露度和危害的叠加作用(IPCC, 2013c)。

(3) IPCC第三工作组报告讨论的是我们如何按照地球承受压力最小的情况来减缓气候变化。报告指出,只有将全球平均地表温度上升幅度控制在 $2^{\circ}\text{C}$ 以内,才能避免森林大火、海平面上升、热浪等日益增加的风险(IPCC, 2013d)。为了实现这一控制目标,必须迅速减少温室气体排放,并改变能源结构。

最后,秦大河院士还结合中国的一次性能源消费总量、 $\text{CO}_2$ 排放量、人均年排放量以及当前大气污染状况,分析了中国改变能源结构、节约能源、减少温室气体排放的紧迫性、重要性和发展路径问题。

### 2.2 未来地球研究计划

在本期大讲堂上,秦大河院士还介绍了未来地球(Future Earth, FE)研究计划及其关注的科学问题和实施计划。Future Earth由国际科学理事会和国际社会科学理事会于2011年发起成立,是整合已有多个全球环境变化研究计划的大型国际科学研究计划,将成为全球环境变化和可持续发展研究的国



际合作平台。该计划以解决问题为导向,组织跨学科集成研究,其目标是为人类社会的可持续发展提供必要的理论根据、研究手段和方法,加强科学家、资助机构和用户之间的联系。FE计划设置了动态地球(Dynamic Planet)、全球发展(Global Development)、向可持续发展转变(Transformations towards Sustainability)3个研究领域,提出了8个关键交叉领域的能力建设(包括地球观测系统、数据共享系统、地球系统模式、发展地球科学理论、综合与评估、能力建设与教育、信息交流以及科学与政策的沟通与平台)任务。Future Earth强调协同设计、共同实施和知识传播的运行机制。2013年5月成立了国际科联Future Earth科学委员会,秦大河院士当选为委员。

Future Earth中国委员会(CNC-FE)于2014年3月21日成立,秦大河院士当选为主席。CNC-FE拟协调中国研究力量参与国际科联活动,联合各利益相关方,实现协同设计、协同实施、协同推广。确认了在中国需要优先解决的、与可持续性能力建设相关的问题,包括全球变化背景下亚洲季风的变动与人类活动的相互作用关系;亚洲城市化对区域环境、社会影响研究,以及健康城市发展科学对策;亚洲的水资源、粮食、能源供给安全及自然生态系统保护;亚洲传统文化对全球变化适应对策的贡献;亚洲海岸带脆弱性;全球变化背景下亚洲的自然灾害防御对策研究。

Future Earth最重要的亮点在于协同整合及学科交叉,强调自然科学与社会科学的沟通与合作,以及政府、科研单位、企业和公众的广泛参与,以共同努力应对地球未来的变化。相信该计划所反映出的生态环境问题的研究内容和解决思路,将会对不同层级相关研究计划的实施产生深刻影响。

### 2.3 第三极环境研究计划

姚檀栋院士主要从事冰川与环境变化研究,开拓和发展了中国的冰芯研究领域,对青藏高原和气候变化科学的发展作出了重大贡献。他倡议并主导创立了“第三极环境(Third Pole Environment, TPE)”国际计划。在本次学术报告中,姚檀栋院士系统介绍了TPE的科学与现实意义、科学目标及重要科学问题、运行机制与组织机构、实施方案、目前进展和未来发展展望等。

第三极地区以青藏高原为核心,是全球最独特、最重要的地质—地理—资源—生态耦合系统之一,也是研究地球子系统的理想之地(Qiu, 2008)。

第三极地区六大圈层的相互作用对全球环境变化产生了重要而独特的影响(马耀明, 2012),开展第三极地区研究既是满足科学前沿发展的需要,也是维护国家安全和社会经济发展的需要,具有重要的科学和现实意义。作为一个独特的自然地理单元,青藏高原一直受到国内外学者的广泛关注,早在20世纪70年代,中国科学院科学考察队就开展了大规模的科学考察,90年代科技部又组织了科技攀登计划对青藏高原开展综合研究(孙鸿烈, 1989)。在国际上,已经实施过由意大利科学家主导的金字塔计划、德国科学基金会资助的青藏高原隆升与环境及生态系统研究计划等。随着国内外研究机构对第三极地区研究的加强和深入,第三极研究已经进入了一个新的历史阶段,如何把握住新的国内外科技发展形势对中国尤为重要。

由中国科学院青藏高原研究所姚檀栋院士倡议、由中国科学家主导的TPE国际计划于2009年正式启动。TPE的总体运行机制与组织机构是以中国为主,联合有紧密地缘关系的周边国家、有知识与技术优势的西方国家、相关国际科学组织及国际山地综合发展中心(ICIMOD)共同实施。在这一总体思想的指导下,已经建立了多国科学家参加的TPE科学执行委员会,目前由姚檀栋院士担任主席,美国伯德极地研究中心Lonnie G. Thompson院士和德国国家自然博物馆馆长Volker Mosbrugger教授担任联合主席。中国科学家主导、推动国际化科学发展是该计划的一个重要特点,也彰显了中国在环境科研领域的软实力。TPE计划的研究思路将与Future Earth计划相对接,为该地区环境和生态保护以及社会经济发展作出更大贡献。

### 2.4 国际生态系统研究计划

傅伯杰院士主要从事景观生态学和综合自然地理学研究,对黄土高原环境变化、生态系统服务及景观生态学发展作出了重大贡献。在本次报告中,他从生态系统过程研究、生态系统服务与管理研究两个方面介绍了相关国际生态系统研究计划及其进展。

生态系统过程研究可追溯到20世纪60年代,而对生态系统长期监测和研究计划起源于80年代的美国。迄今为止,美国、中国、法国、澳大利亚等国家都相继建立了各自的国家生态监测研究网络。不同国家网络的研究尺度、目标设计、关注的要素和问题、研究方法与手段等都有所不同,各有其侧重点。中国生态系统研究网络(CERN)于

1988年建立,这在国际上也是比较早的,其特点是在长期观测的基础上,强调联网研究以及试验示范,具有很强的应用特色(傅伯杰等,2007)。国际长期生态学研究网络(International long-term ecological research, ILTER)始建于1993年,目前有40多个国家和地区加入,它把全球从事长期的、基于站点的生态研究的科学家及其获取的数据与研究结果联系在一起,提高了科学研究在解决人类所面临的重大生态环境问题中的能力。其具体目标是,从局地、区域和全球各个尺度上加强研究网络和科学家之间的合作与协调;保证全球不同站点获取数据的可比性,加强数据交换与保护;将生态学网络研究的成果向其他科学家、政策制定者与公众进行传播,针对决策者的多重需要设计出最好的生态系统管理方案。

生态系统服务和管理与人类福祉密切相关,是目前生态研究的热点和前沿(Sutherland et al, 2006)。目前,生态系统服务研究还不够深入,存在以下问题:生态系统服务评价缺乏可靠的生态学基础,没有统一的评价指标体系和方法,对生态系统服务的时空尺度特征研究不足等。针对这些问题,生态系统服务研究的重点是加强生态系统过程与生态系统服务之间的关系、生态系统服务之间的相互关系(权衡和协同)以及生态系统服务的集成与优化3个方面(傅伯杰等,2014; Bennett et al, 2009)。生态系统管理是在生态系统知识的基础上,结合社会 and 经济发展目标,维护和保持生态系统的功能和价值,它的研究工作需要生态学和管理学的交叉,也是日益受到国际学术界重视的研究方向(Fu et al, 2013)。

与生态系统服务和管理密切相关的一个国际计划是“生物多样性和生态系统服务政府间科学—政策平台(IPBES)”。IPBES于2012年4月成立,截至2014年4月24日,成员国已达到118个。其目标是加强生物多样性和生态系统服务方面科学与政府间的互动,从而实现生物多样性的保护和生态系统服务的提升及人类的长远福祉与可持续发展。

## 2.5 国际生物多样性研究计划

马克平研究员是生物多样性研究专家,近年来积极推动生物多样性信息学在中国的发展,以及生物标本数字化及其共享平台的建设和全国生物物种编目等工作。他的学术报告重点介绍了与若干全球计划相衔接的中国子项目以及中国独立发展的一些项目的进展。

生物多样性方面最具影响力的国际计划是生物多样性计划(DIVERSITAS),该计划由联合国教科文组织(UNESCO)、环境问题科学委员会(SCOPE)和国际生物科学联合会(IUBS)于1991年建立,包括生物编目与计划、生物发现、生态服务、保护与可持续利用4个方面的内容。DIVERSITAS中国委员会(CNC-DIVERSITAS)于2004年10月成立。DIVERSITAS还推动了其他重要计划,如全球生物多样性观测网络(GEO-BON)、全球森林生物多样性监测网络(CTFS)的建立,为全球生物多样性研究提供了很好的数据平台。中国在2004年与CTFS合作,建立了中国大型样地的森林生物多样性监测网络(Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network, CForBio),这对森林生物多样性监测在温带的发展有重要的推动意义,也获得了丰硕的成果产出(马克平,2009; Legendre et al, 2009; Chen et al, 2010)。

生物多样性研究的另一个重要方面是生物多样性信息学,与之相关的国际计划有全球生物物种名录(Catalogue of Life, CoL)、全球生物多样性信息网络(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)、生命百科全书(Encyclopedia of Life, EOL)和生物多样性图书馆(Biodiversity Heritage Library, BHL)。CoL、GBIF、EOL和BHL各有不同的侧重点,分别侧重于生物物种编目、地理分布、性状统计和经典分类学文献数字化。

目前,中国已经建立了所有上述全球计划的子项目,如CoL-China、GBIF-CAS、EOL-China和BHL-China,为丰富和完善中国及全球生物多样性数据提供了有力支撑。除此之外,中国还建立了几个自己独立的项目,尤其是科技部支持下的“国家标本资源共享平台”(National Specimen Information Infrastructure, NSII)项目。该平台包括六大子平台,其中的中国数字植物标本馆(Chinese Virtual Herbarium, CVH)是植物标本资源共享平台。除了CVH之外,一些馆级的标本信息系统也提供了丰富的资源,如西北农林科技大学植物标本馆、中国自然标本馆(Chinese Field Herbarium)、中国植物图像库(Plant Photo Bank of China, PPBC)等(马克平,2010)。

以上与生物多样性信息学相关的研究计划在中国的发展,不仅为相关科学研究提供了条件,而且必将为知识普及与公众教育作出更大的贡献。此外,中国还于2013年发起建立了亚洲生物多样性保护和数据库网络(Asia Biodiversity Conserva-



tion and Database Network, ABCDNet) (马克平, 2013), 希望通过该计划来推动生物多样性研究在亚洲区域的发展。目前, 该计划在“全球植物保护战略”(Global Strategy for Plant Conservation, GSPC)等国际项目的推动下呈现良好的发展势头。

## 2.6 FLUXNET 观测研究计划

涡度相关技术的应用和区域性通量网的建设是生态系统碳水和能量观测的一次重大技术革命, 1998 年国际通量观测研究网络(FLUXNET)成立后, 各区域观测研究网络先后加入, 使得全球尺度的陆地生态通量观测研究网络的涵盖区域不断扩展。目前, FLUXNET 正在启动名为“生物圈气息研究计划(Study on the 'Breathing' of the biosphere)”的第二次全球通量数据库建设工作, 构建一个新的全球通量数据库, 包含来自超过 400 个站点 2000 个站点的痕量气体与气象观测数据, 以及同期的卫星遥感、气象观测和地面调查与测定数据。该计划将以生物圈为研究对象, 主要研究 Terra 卫星的反演数据产品的验证、生物地球化学模型优化、不同时间(小时—一天—一年—年际)尺度生物圈碳水交换过程的刻画、不同空间(细胞—气孔—叶片—冠层—景观—区域)尺度的生物圈碳水交换过程刻画等内容; 进而绘制全球碳水通量时空分布图, 预测全球变化条件下生物圈的响应。

ChinaFLUX 计划于 2001 启动、2002 年正式创建, 成为中国陆地生态系统碳氮水通量观测和循环过程研究的一个重要野外科技平台。经过 10 余年的发展, ChinaFLUX 从最初的 6 个观测站已经发展到了现在的 45 个, 初步形成涵盖中国区域主要生态系统类型的观测研究网络, 其观测内容也从最初的碳通量观测发展到现在的碳—氮—水通量及其多种生物环境要素的跨尺度—多要素协同观测体系。ChinaFLUX 不仅在逐步完善观测系统和积累数据, 同时还致力于对相关科学问题综合认识和应用的拓展。目前 ChinaFLUX 关注的主要科学问题包括: ①碳氮水通量的动态变化及其环境相应与控制机制; ②碳氮水通量在不同生态系统、植被功能型、气候区的区域特征; ③碳氮水通量的空间格局及其生物地理生态学机制。通过对上述 3 个科学问题的研究, 致力于解答以下 3 个与生态环境密切相关的应用研究问题: ①生态系统生产力及其对环境变化的影响; ②生态系统碳—氮—水耦合循环对全球变化的响应; ③区域碳氮水收支综合评估与调控管理等。

于贵瑞研究员还回顾了气象观测事业的发展

历程及其科学贡献, 他认为地球系统已经进入了人类世的新时代, 面对全球变化应对、区域和全球可持续发展等重大科技问题, 需要生态学的科学研究尽快进入到大尺度、定量化、可预测和可预警的新时代, 期待着生态观测技术的重大革命和科学数据的长期积累。生态系统通量观测技术的发明正是生态观测的一次重大技术革命, 全球尺度通量塔观测网络的联合观测(GFTCO)可能会带来全球尺度生态系统功能状态变化观测的重大突破。为此, 生态学家们期待着能够以 GFTCO 为基础, 建立区域性的高空—卫星—雷达联合观测系统, 形成覆盖全球的地面—航空—卫星遥感立体观测网络体系, 深度整合全球通量观测网络与生态观测网络资源, 奠定生态预测科学的数据基础。

## 3 中国生态系统研究进展与展望

### 3.1 山洪泥石流风险分析与风险管理研究

崔鹏院士主要从事泥石流等山地灾害与水土保持等方面的研究, 在揭示泥石流形成、运动和成灾机理研究及建立减灾原理和方法等研究方面作出了突出贡献。在本次报告中, 崔鹏院士系统介绍了中国山洪泥石流形成背景与典型灾害、形成过程、成灾特征与机理、风险分析与风险管理, 并对山洪泥石流减灾机制研究的未来发展进行了展望。

中国地貌具有西高东低的阶梯状特点, 西部多为山区, 特别是青藏高原的东缘为强烈隆升的地形急变带, 地势高差大; 在季风控制下, 雨量较多(杨景春, 1993); 中国经度 104 度左右为南北大地震带, 构造运动为泥石流和山洪暴发提供了丰富的松散补给物质(崔鹏等, 2003)。崔鹏院士认为, 这些背景条件的叠加作用为泥石流和山洪的形成提供了充足的能量条件和物质条件, 使得西部山区成为中国灾害最为集中和严重的区域。山洪与泥石流具有群发性、规模大的特点, 容易形成灾害链, 使得灾害在时间和空间上延拓, 灾情扩大, 且灾害链物理过程复杂, 关键环节难以预判。特大山洪泥石流不仅对山区溪沟两岸造成生命财产损失, 还可能漫出河道, 引发其他灾难。

崔鹏院士的研究不仅基于对山洪泥石流过程的定性认识, 而且通过大量野外考察、野外观测、测试分析、物理模型试验、模型构建与数值模拟等方法, 从地表产流流量激增、土体破坏物质供给激增、沟道堵塞体级联溃决流量放大, 动床侵蚀规模增大 4 个过程揭示了山洪泥石流形成的机理。从危险性

分析、易损性分析、风险分析与风险制图、风险调控原理与技术和灾害风险管理等5个方面建立了基于灾害动力学过程的风险分析与风险管理的理论和方法。

崔鹏院士的科研团队通过对山洪泥石流过程机理的系统研究,初步认识了山洪泥石流形成过程和成灾机理,建立了基于动力学过程的灾害风险分析与评估方法,提出了基于过程调控的山洪泥石流防治原理与技术,建立了典型区的山洪泥石流监测预警方法,尝试探索了社区减灾模式;并期望开展灾害和生态相互作用及植物措施在减灾机理与功能定量评估方面的研究工作,通过植物功能措施与岩土工程措施的功能互补来进行优化配置,实现生态良好、居住安全、人与自然和谐共处的目标(崔鹏, 2014)。

### 3.2 陆地生态系统碳通量空间格局及生物地理生态学机制研究

于贵瑞研究员研究团队近年来在生态系统碳氮水的动态过程、空间变异规律、生态系统碳氮水耦合关系及环境适应性研究等方面取得了一些重要进展。他在本次学术报告中介绍了研究团队在碳交换通量的地理分布规律及其空间格局的生物地理生态学机制方面的研究成果。

基于ChinaFLUX的观测数据和文献发表数据,研究团队发现了中国陆地生态系统碳通量有明显的经纬度格局规律,GPP、Re和NEP随着纬度的升高而降低,排除青藏高原的影响,GPP、Re和NEP在经向上线性降低(Yu et al, 2013)。通过进一步的整合分析发现,温度和降水是碳通量空间格局的主要决定因子(Chen et al, 2013),在中国、亚洲和全球尺度均是如此,重新论证了气候因素决定生态系统碳收支通量格局基本规律的科学认识。

经过对亚洲区域碳通量整合分析,他们发现了被忽视的“东亚季风区森林碳汇功能区”,该碳汇区的碳吸收强度与被国际学术界广泛公认的“北美和欧洲温带森林”两大碳汇区相当,这一碳汇区是在东亚季风区充足的水热条件基础上,叠加了过去几十年植树造林所形成的年轻的林龄结构,以及近年来大气氮沉降量的快速增加共同作用的结果(Yu et al, 2014)。

近期的研究还发现,在中国区域尺度上,由森林、草地、湿地和农田生态系统构成的陆地生态系统的GPP与Re和NEP区域空间格局存在着严格的“藕联性的同向共变现象”,且这一现象具有全球尺度的普遍意义,尺度越大,规律越强(Yu et al, 2013)。

基于上述研究成果,研究团队构建了一个解释陆地生态系统碳通量地理格局的生物地理生态学机制的理论框架,并且利用这一理论框架发展一套基于过程机理的、模型结构简单的陆地生态系统碳通量交换的地学统计模式,初步评估中国区域碳交换通量组分(GPP、NEP、Re和Rs)的空间格局(Yu et al, 2010; Zhu et al, 2014)。最后他还前瞻性地提出了绘制生态系统碳收支地球仪、水收支地球仪和氮收支地球仪的新设想。

### 3.3 中国农田生态系统地力提升研究

张佳宝研究员主要从事农田和区域水循环及物质迁移转化过程、农田生态过程长期演变规律与地力提升机理研究工作。在本次学术报告中,他介绍了目前农田地力提升的研究进展,以及地力快速提升的关键技术与应用。可以看出,张佳宝研究员等科学家针对国家重大需求,找出制约农业生产的主要原因,提炼出关键科学问题,经过反复试验,探索出有效简便、可供推广的技术,取得了实效。

中国是一个粮食生产与消费大国,粮食生产总量可观,2013年全国粮食总产量达12039亿斤。但是单产水平仍很低,2013年全国平均亩产只有358.5 kg,大面积中低产田限制了粮食产能的增加(张佳宝等, 2011)。粮食生产是关系到13亿人口粮食安全的大事,缩小高低产田差距、实现大面积均衡增产,将为中国的粮食安全问题提供有效保障,具有重要的战略意义。

张佳宝研究员认为,造成中低产田多的主要原因是土壤质量很差、障碍因子多、地力水平低。中国主要作物产量中,农田地力贡献率为39%~58%,远低于欧美国家的65%~70%;而化肥、水分的贡献率高达50%,其中化肥施用量是美国的两倍左右。中国农田地力普遍较低的原因在于:①高强度种植导致土壤长期疲劳和地力恢复过程缺失;②集约化生产模式弱化了生产与地力培育协同推进作用;③传统地力培育模式因生产模式转变而正在被放弃。

针对以上现实问题,张佳宝研究员提出了中国农田地力提升的4个关键科学问题:①消减土壤障碍因子;②促进土壤有机质积累与养分有机化固持;③提升土壤团聚体质量;④促进土壤生物转化功能。通过河南封丘潮土和江西鹰潭红壤旱地长期施肥样地的多年实验研究发现:①高有机质土壤的特征为大团聚体数量多、微团聚体和粉粘粒中有机质含量高、微生物量碳高、丛植菌根菌丰度高、球囊霉素类蛋白多和好氧菌/厌氧菌比例小于1(Chu et al, 2007; Lin et al, 2012; Yu et al, 2012; Zhang et



al, 2013);②高腐解菌有机肥可直接激发土壤微生物的生长,并促进土壤微生物的转化功能(Chu et al, 2007)。基于上述重要发现,他们开发了农田地力快速提升的关键技术,包括:①机械一体化激发式秸秆还田/五季免一季深翻耕培育地力技术;②高腐解菌堆腐有机肥生产连续好氧快速发酵技术。

### 3.4 中国湖泊生态恢复的理论与实践研究

秦伯强研究员主要从事湖泊水环境和水生态研究。在本次学术报告中,他从湖泊富营养化导致的生态系统退化原因、湖泊生态系统恢复原理、湖泊生态系统恢复实践等方面介绍了中国湖泊生态恢复的理论基础与实践经验。

长江中下游地区是中国淡水湖泊最集中的地区,也是湖泊富营养化非常严重的地区,对湖泊生态系统的结构和功能、水质、空气等都产生了非常大的影响(秦伯强, 2007, 2013)。富营养化湖泊的治理有两个选择:一个是降低湖泊的污染率,就是控源截污的工作;另一个是提高湖泊的净化率,也就是生态恢复的措施。20世纪80年代,为了经济发展,中国选择了不影响经济发展的生态恢复方法。在“七五”和“八五”期间进行的小规模围隔实验治理富营养化取得的成功,更使得生态恢复成为当时湖泊治理的主流思想。这一方法在“九五”和“十五”期间被扩展到全湖尺度对滇池、太湖进行治理,但是并没有取得理想的效果。

围绕这一问题,秦伯强研究员就湖泊富营养化导致生态系统退化的原因与湖泊生态系统恢复技术和方法开展了系统性的研究工作。他们总结了以往工作的经验和教训,结合最新的研究成果,提出了通过新的方法来代替原来的湖泊生态恢复方法的设想。秦伯强研究员以太湖的治理为例,介绍了他们提出的湖泊富营养化治理模式,即湖泊富营养化治理的首要工作是控源截污,降低营养盐负荷,在此基础上再进行生态恢复。在控源截污方面采取了一系列措施,包括污水管网与污水处理厂建设、沿岸封堵排污口等措施来治理点源污染;通过环太湖缓冲带拦截技术、生态拦截沟渠、相关法规制定与实施、公众教育等工程性措施和非工程性措施相结合来治理面源污染;通过生态清淤工程技术、余水处理、淤泥资源化处理等技术治理内源污染和资源再利用;发展“专业化队伍、机械化打捞、工厂化处理、资源化利用”的蓝藻打捞产业形态。通过上述一系列的控源截污措施,经过几年的实施,太湖的蓝藻水华问题已趋于缓和,太湖生态环境已出现若干好转的迹象。

## 4 结语

本次中国大讲堂百期学术演讲的主题是“国际重大研究计划与我国生态系统研究展望”,8位国内外知名的科学家提供了丰富的知识、开阔的视野和创新的研究思路。通过各位专家的系统阐述,可以看到目前的国际重大研究计划具有以下新的特点:①科学问题上,不仅关注一般性的全球问题,而且关注具有区域性特点的环境问题;②在研究的时空尺度上,在多时空尺度研究的基础上,更加强调区域和大陆尺度的研究;③在研究方式上,在多学科、多方法研究的基础上,更加强调自然科学和社会科学的交叉;④在组织形式上,既有 Future Earth 计划这样紧密的多机构、多计划的组织形式,也有 FLUXNET 等各区域独立发展、较松散的组织方式;⑤在研究计划的实施方面,更加关注科学与政府的互动,以前 IPCC 担负了气候变化科学与政府之间的桥梁作用,如今的 IPBES 也将架起生物多样性和生态系统服务科学与政府的桥梁;⑥强调全社会各界利益相关者的全程参与。

中国政府和科学家历来重视和支持国际重大研究计划发展,通过在国际计划组织任职、设立国际计划中国分支、组织创建中国主导的新的国际计划等方式参与到了广泛的国际合作之中。在国际计划的引领下,在中国政府的支持和科技工作者的努力下,近年来中国在生态系统研究方面取得了长足进步、积累了有益的经验。同时,也应该认识到中国与国际先进水平之间还存在差距。

中国科学家为了解决全球环境问题做出相应的贡献,必须提高中国生态系统研究的科研实力,增加在国际事务中的话语权,应该在以下方面加强研究、不断开拓:①加强原创性研究,这是提高科研水平的根本;②注重理论研究与实际应用相结合,促进成果转化;③加强生态系统管理的科学研究,把握住国际发展动向;④注重复合型、交叉学科人才队伍的建设;⑤整合国内现有各单位的学科优势,促进各学科交叉研究;⑥加强国际合作,坚持“走出去”的发展战略。

### 参考文献(References)

- 陈宜瑜, 陈泮勤, 葛全胜, 等. 2002. 全球变化研究进展与展望. 地学前缘, 9(1): 11-18. [Chen Y Y, Chen P Q, Ge Q S, et al. 2002. Global change research: progress and prospect. Earth Science Frontiers, 9(1): 11-18.]
- 崔鹏. 2014. 中国山地灾害研究进展与未来应关注的科学问题. 地理科学进展, 33(2): 145-152. [Cui P. 2014. Prog-

- ress and prospects in research on mountain hazards in China. *Progress in Geography*, 33(2): 145-152.]
- 崔鹏, 韦方强, 谢洪, 等. 2003. 中国西部泥石流及其减灾对策. 第四纪研究, 23(2): 142-151. [Cui P, Wei F Q, Xie H, et al. 2003. Debris flow and disaster reduction strategies in western China. *Quaternary Sciences*, 23(2): 142-151.]
- 傅伯杰. 2013. 生态系统服务与生态安全. 北京: 教育出版社. [Fu B J. 2013. *Ecosystem service and ecological security*. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 傅伯杰, 牛栋, 于贵瑞. 2007. 生态系统观测研究网络在地球系统科学中的作用. 地理科学进展, 26(1): 1-16. [Fu B J, Niu D, Yu G R. 2007. The roles of ecosystem observation and research network in earth system science. *Progress in Geography*, 26(1): 1-16.]
- 傅伯杰, 于秀波. 2010. 基于观测与试验的生态系统优化管理. 北京: 教育出版社. [Fu B J, Yu X B. 2010. *Good practices of ecosystem management based on monitoring and experiments*. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 傅伯杰, 张立伟. 2014. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展. 地理科学进展, 33(4): 441-446. [Fu B J, Zhang L W. 2014. Land-use change and ecosystem services: concepts, methods and progress. *Progress in Geography*, 33(4): 441-446.]
- 韩兴国, 伍业刚. 2012. 生态学未来之展望: 挑战、对策与战略. 北京: 高等教育出版社. [Han X G, Wu Y G. 2012. *Ecological vision: challenge, response and strategy*. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 马克平. 2009. “中国森林生物多样性监测网络”丛书. 北京: 中国林业出版社. [Ma K P. 2009. Books on "Chinese forest biodiversity monitoring network". Beijing: China: Forestry Publishing House.]
- 马克平. 2010. 生物多样性保护的信息基础: 生物多样性信息学. 第七届中国生物多样性保护与利用高新技术国际论坛: 11-12. [Ma K P. 2010. The basis of biodiversity conversation: biodiversity informatics. The 7th international forum on biodiversity conservation in China: 11-12.]
- 马克平. 2013. 亚洲生物多样性保护与信息网络: ABCDNet. 生物多样性, 21(5): 515-516. [Ma K P. 2013. On Asia biodiversity conservation and database network. *Biodiversity Science*, 21(5): 515-516.]
- 马耀明. 2012. 青藏高原多圈层相互作用观测工程及其应用. 中国工程科学, 14(9): 28-34. [Ma Y M. The observation of water-ice-air-ecosystem interactions and its application over the Tibetan Plateau area. *Engineering Sciences*, 14(9): 28-34.]
- 秦伯强. 2007. 湖泊生态恢复的基本原理与实现. 生态学报, 27(11): 4848-4858. [Qin B Q. 2007. Principles and approach for lake ecological restoration. *Acta Ecologica Sinica*, 27(11): 4848-4858.]
- 秦伯强, 高光, 朱广伟, 等. 2013. 湖泊富营养化及其生态系统响应. 科学通报, 58(10): 855-864. [Qin B Q, Gao G, Zhu G W, et al. 2013. Lake eutrophication and its ecosystem response. *Chinese Science Bulletin*, 58(10): 855-864.]
- 孙鸿烈. 1989. 青藏高原科学考察研究的新阶段. 自然资源学报, 4(3): 193-195. [Sun H L. 1989. New advances in the survey and study of the Qinghai-Xizang Plateau. *Journal of Natural Resources*, 4(3): 193-195.]
- 伍业刚, 樊江文. 2010. 生态复杂性 with 生态学未来之展望. 北京: 高等教育出版社. [Wu Y G, Fan J W. 2010. *Ecological complexity and ecological vision*. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 杨景春. 1993. 中国地貌特征与演化. 北京: 海洋出版社. [Yang J C. 1993. *Features and Evolution of Landforms in China*. Beijing, China: Ocean Press.]
- 于贵瑞. 2009. 人类活动与生态系统变化的前言科学问题. 北京: 高等教育出版社. [Yu G R. 2009. *Scientific frontier on human activities and ecosystem changes*. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 张佳宝, 林先贵, 李晖. 2011. 新一代中低产田治理技术及其在大面积均衡增产中的潜力. 中国科学院院刊, 26(4): 375-382. [Zhang J B, Lin X G, Li H. 2011. A new generation of controlling technology for the medium and low-yield fields and its potential in large-area balanced grain production increase. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 26(4): 375-382.]
- Bennett E M, Peterson G D, Gordon L J. 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12): 1394-1404.
- Chen L, Mi X C, Comita L S, et al. 2010. Community-level consequences of density dependence and habitat association in a subtropical broad-leaved forest. *Ecology Letters*, 13(6): 695-704.
- Chen Z, Yu G R, Ge J P, et al. 2013. Temperature and precipitation control of the spatial variation of terrestrial ecosystem carbon exchange in the Asian region. *Agricultural and Forest Meteorology*, 182-183: 266-276.
- Chu H Y, Lin X G, Takeshi F, et al. 2007. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. *Soil Biology & Biochemistry*, 39: 2971-2976.
- Fu B J, Wang S, Su C H, et al. 2013. Linking ecosystem processes and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1): 4-10.
- IPCC. 2013a. Summary for Policymakers//Climate change 2013: the physical science basis. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC. 2013b. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC. 2013c. Climate change 2013: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.



- IPCC. 2013d. Climate change 2013: Mitigation of Climate Change. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Legendre P, Mi X C, Ren H B, et al. 2009. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. *Ecology*, 90(3): 663-674.
- Lin X G, Feng Y Z, Zhang H Y, et al. 2012. Long-term balanced fertilization decreases arbuscular mycorrhizal fungal diversity in an arable soil in North China revealed by 454 pyrosequencing. *Environmental Science & Technology*, 46(11): 5764-5771.
- Qiu J. 2008. The third pole. *Nature*, 454(24): 393-396.
- Sutherland W J, Brown S A, Armsworth P R, et al. 2006. The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. *Journal of Applied Ecology*, 43(4): 617-627.
- Yu G R, Chen Z, Piao S L, et al. 2014. High carbon dioxide uptake by subtropical forest ecosystems in the East Asia monsoon region. *Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America*, 111(13): 4910-4915.
- Yu G R, Zheng Z M, Wang Q F, et al. 2010. Spatiotemporal pattern of soil respiration of terrestrial ecosystems in China: the development of a geostatistical model and its simulation. *Environmental Science & Technology*, 44: 6074-6080.
- Yu G R, Zhu X J, Fu Y L, et al. 2013. Spatial patterns and climate drivers of carbon fluxes in terrestrial ecosystems of China. *Global Change Biology*, 19: 798-810.
- Yu H Y, Ding W X, Luo J F, et al. 2012. Long-term application of organic manure and mineral fertilizers on aggregation and aggregate-associated carbon in a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research*, 124: 170-177.
- Zhang H J, Ding W X, Yu H Y, et al. 2013. Carbon uptake by a microbial community during 30-day treatment with  $^{13}\text{C}$ : glucose of a sandy loam soil fertilized for 20 years with NPK or compost as determined by a GC-C-IRMS analysis of phospholipid fatty acids. *Soil Biology & Biochemistry*, 57: 228-236.
- Zhu X J, Yu G R, He H L, et al. 2014. Geographical statistical assessments of carbon fluxes in terrestrial ecosystems of China: results from upscaling network observations. *Global and Planetary Change*, 118: 52-61.

## Major international programs and prospects of ecosystem research in China: a review of the 100th lecture series/spring 2014 symposium of China Ecological Forum

SUN Honglie<sup>1</sup>, CHEN Yiyu<sup>2</sup>, YU Guirui<sup>1</sup>, YU Xiubo<sup>1</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

**Abstract:** The 100th lecture series/spring 2014 symposium of China Ecological Forum (CEF), which aims to "disseminate new knowledge, exchange new ideas and present new research findings", was held on 25 April 2014 in Beijing. The symposium took "Major international research programs and prospects of ecosystem research in China" as the theme. Academicians Qin Dahe, Yao Tandong, Fu Bojie, and Cui Peng, and Professors Ma Keping, Yu Guirui, Zhang Jiabao, and Qin Boqiang were invited to give keynote speeches. The keynote speakers reported the progresses and trends of major international research programs including the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Future Earth initiative, Third Pole Environment program, International Long-Term Ecological Research (ILTER), Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), Biodiversity program (DIVERSITAS), and Fluxes Observation and Research program (FLUXNET), as well as presented the processes and mechanisms of debris flow, carbon flux, farmland fertility improvement, and eutrophication control of lakes. This paper reviews the main contents and highlights of the eight reports and analyzes the major trends of international research programs in the fields of ecology and environment and implications for ecosystem research in China. It also discusses the direction and key issues in scientific research of related fields within China.

**Key words:** China Ecological Forum; major international research programs; IPCC; Future Earth; Third Pole Environment; ILTER; IPBES; FLUXNET; DIVERSITAS; ecosystem service; debris flow; carbon flux; farmland fertility; lake eutrophication