

# 中国科学院生态系统网络观测与模拟重点实验室 CERN 综合研究中心研究成果与发展<sup>\*</sup>

中国生态系统网络综合研究中心

(中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 介绍了中国生态系统研究网络(CERN)综合研究中心成立以来发展历程和主要研究成果,以及未来研究方向及预期发展。取得的代表性研究成果主要有:CERN 动态监测数据与生态系统空间信息数据管理和共享系统的开发、陆地生态系统碳和水热通量观测研究、陆地生态系统碳储量的时空格局特征研究、陆地生态系统多尺度模拟综合集成研究和青藏高原生态系统格局与全球变化相互作用关系研究等。未来的研究方向主要集中在陆地生态系统碳氮水循环及其耦合,区域碳汇功能动态,生态敏感区、脆弱区和过渡区对全球气候变化的响应与适应,生态监测、模拟与生态信息应用以及全球气候变化主要因子对生态系统关键过程的影响。未来除了履行 CERN 综合研究中心的基本职能外,争取在以上研究方向取得有国际影响的开拓性研究成果。

**关键词:** CERN; 综合研究中心; 研究成果; 陆地生态系统

**中图分类号:** Q148      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3037(2010)09-1458-10

## 1 前言

CERN 综合研究中心全称为中国生态系统研究网络(CERN)综合研究中心,隶属于中国科学院地理科学与资源研究所,在 CERN 科学委员会的直接领导下开展工作。CERN 综合研究中心的基本职能为:CERN 观测数据的集成、管理和共享工作;开展区域和全国尺度的生态、资源、环境演变趋势预测和重大科学问题的综合集成研究;出版 CERN 系列研究成果;定期发表全国重点地区和主要生态系统状况报告,为国民经济建设中的相关重大问题的决策与规划提供资料和咨询。此外,CERN 综合研究中心还负责组织和协助各分中心制定 CERN 的观测规范和标准,开展相关专业技术人员培训,指导各台站监测和数据采集、仪器校验、数据质量控制。CERN 综合研究中心的重点研究领域包括生态系统的生产力与碳氮过程、生态系统的水分循环与水分利用、生态系统功能评价与管理、生态系统健康与恢复、区域和全国尺度资源、生态和环境重大科学问题的综合研究等。

以 CERN 综合研究中心为依托,于 2005 年成立了中国科学院生态系统网络观测与模拟研究重点实验室,承担并组建了国家生态系统观测研究网络(CNERN)综合研究中心。该中心的建立将面向全国提供生态系统网络研究平台,从而为我国的生态学研究做出更大的贡献,进一步巩固和提升 CERN 在国家科技创新体系中的地位和影响力。

## 2 历史沿革

CERN 综合研究中心于 1990 年正式成立,当时隶属于中国科学院自然资源综合考察委员会。1999 年,中国科学院自然资源综合考察委员会与地理研究所合并成立中国科学院地理科学与资源研究所,同时重新组建了 CERN 综合研究中心。

回顾 CERN 综合研究中心的发展,与 CERN 的成长密不可分,经历了以下 3 个重要阶段。

### 2.1 CERN 生态站基础设施建设规划和设计阶段(1988—1992 年)

CERN 的总体设计内容包括 CERN 的构架设计、建设工程设计和世界银行贷款使用计划。CERN 综合研究中心被设计作为构架设计部分的三个层次结构(生态站、分中心和 CERN 综合研究中心)之一。1990 年中国科学院批准将 CERN 列入“八五”重大基本建设项目,标志着 CERN 的建设工程正式启动。

### 2.2 CERN 建设阶段(1993 年—2000 年)

1993 年起,CERN 在世界银行贷款“中国环境技术援助项目”(World Bank Environment Technical Assistance Project)的支持下重点建设了 29 个生态站、5 个分中心和 1 个综合研究中心,这标志着 CERN 综合研究中心开始发挥其职能。1999 年中国科学院成立了 CERN 领导小组、科学指导委员会和科学委员会等管理与学术机构。在他们的领导下 CERN 综合研究中心组织制定了网络章程、数据管理与共享条例、成员单位的年度考核和综合评估方法,组织修订了各类观测指标体系和观测技术规范,使 CERN 的业务运行步入制度化、规范化、标准化的历史阶段。2000 年 CERN 的二期建设启动,进一步加强了基础设施建设和仪器设备更新,并遴选了 11 个生态站加入 CERN。CERN 综合研究中心在中国科学院资源环境科学与技术局领导下负责 CERN 仪器和改造计划的组织实施。

### 2.3 CERN 运行和发展阶段(2000 年至今)

早在 1999 年,CERN 综合研究中心就开始进行中国科学院重点实验室申报的准备工作。2005—05,中国科学院正式批准成立中国科学院生态系统网络观测与模拟重点实验室。CERN 综合研究中心成为重点实验室的一个重要组成部分。同时,国家科学技术部启动了生态与环境领域的国家野外科学观测研究站的建设工作,国家生态系统观测研究网络(CNERN)综合研究中心挂靠于 CERN 综合研究中心。2001—2006 年,CERN 综合研究中心在中国科学院重大项目“中国陆地和近海生态系统碳收支”和国家 973 项目“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”的支持下创建了中国陆地生态系统通量观测研究网络(ChinaFLUX),填补了全球通量观测网(FluxNet)在中国大陆区域的空白。2005—06,科技部基础司发布了《关于组织申报新建生态环境国家野外科学观测研究站的通知》。CERN 综合研究中心配合国家生态与环境野外科学观测研究站专家组做了生态站申报资格审查与数据审核,论文、成果与研究项目确认,国家野外科学观测研究站初评和终评及结果汇总等大量工作。在此工作的基础上,CERN 综合研究中心又配合专家组组织和实施了国家野外科学观测研究站(试点站)的评估工作。

## 3 主要研究工作与成果

### 3.1 CERN 动态监测数据与生态系统空间信息数据管理共享系统

数据规范是数据管理工作的核心和灵魂。CERN 综合研究中心作为 CERN 数据集成和发布单位,承担着制定 CERN 数据规范的任务。在 CERN 科学委员会的领导下,CERN

综合研究中心开展了有关生态系统长期监测和联网观测的技术方法和规范的研究,完成了农田、森林、草地、水体、荒漠、湿地(沼泽)等类型生态系统试验站的长期监测样地的标准化建设,制定了农、林、草不同生态系统类型台站的站区土地利用和长期采样地管理规范,以及各分中心的数据质量控制方法和规范。此外,CERN 综合研究中心还编写了《CERN 监测手册》,并向科学委员会提交了《CERN 监测指标体系》,为制定国家生态网络监测规范奠定了基础。2001—2005 年,CERN 综合研究中心负责研究制定了《CERN 数据共享管理条例》,对数据和用户进行了科学、合理的分级。CERN 综合研究中心一方面参与了《国家生态学元数据标准》的制订,另一方面参照国家标准,根据 CERN 的实际情况,与 CERN 相关台站、分中心共同编制了《CERN 长期生态定位监测元数据标准》,在我国的生态学元数据标准的制订中占据了重要的位置。

数据是科研的基础,数据集是数据共享的保障。CERN 综合研究中心充分利用现代信息技术对数据进行科学整理和质量控制。2001—2005 年,CERN 综合研究中心首次系统地科学整理并开发了 CERN 的 36 个台站的长期动态监测数据,印发了“CERN (1998—2001 年)水、土、大气、生物四要素统计数据集”和《CERN 野外台站空间信息图集》,目前已得到科研人员广泛引用。气象数据是开展生态学、地学和农学等多种科学研究的基础,尤其在区域尺度和全球尺度生态系统变化的模拟和生态系统管理中发挥着重要的作用。CERN 综合研究中心以 GIS 技术、统计技术和数据模型为基础,充分利用国家气象局的基础气象数据和全国 DEM 数据,开发和建立了中国陆地生态系统空间化信息——气候要素数据库,并出版了《中国陆地生态系统空间化信息研究图集——气候要素分卷》<sup>[1]</sup>。该数据库包括了辐射、温度、降水、湿度、风和气候指数等 20 多种要素的全国尺度 1 km×1 km 栅格数据。在科学研究数据上,CERN 综合研究中心一方面为国家“973”项目和中国科学院重大项目等服务,建立了中国通量观测数据库;另一方面,也为广大科研人员服务,建立了中国森林生物量数据库。

除了建设自身的信息系统,CERN 综合研究中心还承担着台站、分中心数据信息系统的设计和开发任务。CERN 综合研究中心充分应用网络数据库技术、网络地理信息系统(WEBGIS)技术,开发了 CERN 分布式数据资源共享信息系统,主要包括:CERN 动态监测数据共享系统、CERN 野外台站空间数据信息系统、中国 1 km×1 km 栅格气象数据信息系统、ChinaFLUX 数据信息系统和中国森林生物量样地调查数据信息系统以及分中心、台站数据信息系统。该系统将基于 CERN 各台站的监测数据、研究数据以及空间数据有机地集成在一起,扩展了 CERN 的数据资源,部署在国家生态系统研究网络的 53 个野外台站,实现了 CERN 数据共享服务由综合中心集中式数据共享数据向台站、分中心、综合中心分布式数据共享服务的转变,加强了 CERN 的数据处理和共享能力。到目前为止,CERN 数据资源共享信息系统已经为 810 人次提供了离线服务,服务数据量达到 273GB,其中动态监测数据服务量 280 M;共享系统网站访问人次约 18 万,下载动态监测数据近 1 500 人次、下载图形数据近 1 800 人次。

### 3.2 开展了陆地生态系统碳和水热通量观测研究

陆地生态系统碳、水循环和能量平衡是驱动生态系统变化的关键过程。2002 年,CERN 综合研究中心在中国科学院重大项目“中国陆地和近海生态系统碳收支”和国家“973”项目“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”的支持下,以微气象学涡度相关技术和箱式/气相色谱法为主要技术手段,与兄弟研究所和部分 CERN 台站合作,在 8 个实验站的 10 种

生态系统类型上布设和安装了生态系统碳、水和能量通量观测系统,并与 16 个台站的箱式/气相色谱观测法的土壤呼吸测定相结合,建立了具有国际先进水平的中国陆地生态系统通量观测研究网络(ChinaFLUX)。ChinaFLUX 的建立填补了全球陆地生态系统通量观测网络(FluxNet)的东亚区域空白,构筑了综合研究中国陆地生态系统碳水循环、陆地生态系统变化、全球变化和地球系统科学的实验研究和数据平台<sup>[2]</sup>。目前,在中国科学院知识创新工程重要方向项目“中国陆地生态系统碳通量特征及其环境控制作用研究”的支持下,有超过 22 个森林、草地、农田站,结合野外植被、土壤生理生态学实验对碳、水及能量通量进行观测。在 ChinaFLUX 的数据管理结构中,CERN 综合研究中心负责集成各生态站通量数据,建立通量观测数据库,进行数据的综合分析、发布与服务。

(1) 通量观测研究理论和方法体系的建立。ChinaFLUX 采用统一的观测设备、规范化的观测项目和观测方法,兼顾了生态系统类型的完整性和区域代表性。通过对 ChinaFLUX 长期连续的 CO<sub>2</sub> 和水热通量数据的综合分析,首次建立了我国陆地生态系统 CO<sub>2</sub> 和水热通量数据的质量控制与评价(QC/QA)体系,实现了复杂地形和非理想气象条件下生态系统尺度植被/大气间 CO<sub>2</sub> 和水热通量的长期观测,建立了中国陆地生态系统 CO<sub>2</sub> 和水热通量的观测理论、技术和方法论体系,出版了《陆地生态系统通量观测的理论与方法》专著。

(2) 观测资料的获取。ChinaFLUX 在亚洲季风区首次获得了 10 个中国典型陆地生态系统连续 7 年的 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 和能量通量的动态变化数据。同时,还强调土壤—植被—大气系统的环境要素与生理生态学参数的同步观测,系统地收集了植被、土壤、水文、气象和种植制度等相关数据,保证观测项目的完整性和资料用途的多样性,为开展生态系统和样带尺度的碳水循环过程的综合研究奠定了数据基础。

(3) 典型生态系统碳源汇评价与过程机理分析。基于 ChinaFLUX 的植被与大气间 CO<sub>2</sub> 交换通量的长期连续观测,揭示了我国主要陆地生态系统碳通量的变化规律;深入探讨了不同时间尺度上气候环境和植被的梯度变化对不同区域陆地生态系统碳通量的影响和控制机理;评价了中国主要陆地生态系统碳源汇的空间格局;为我国陆地生态系统碳循环的模型模拟、尺度扩展及未来气候变化的情景预测等研究提供了大量的实测和验证数据,填补了全球尺度亚洲季风区的观测数据和综合研究的空白,丰富了全球通量观测的区域性实测数据,也为国家参与碳减排的国际谈判提供了可靠的数据和知识储备。

(4) 开发建设了 ChinaFLUX 数据—模型融合系统(ChinaFLUX-DIS-MFS)信息平台。作为 ChinaFLUX 的主要组成部分,在完成通量观测站点建设和通量观测数据与资料搜集的基础上,通过严格管理各类观测和研究数据,以 ChinaFLUX 碳通量数据库为核心,采用了多途径、多手段、多尺度观测数据同化、观测数据—RS—GIS—模型融合的思想理念,收集和整编了通量观测站及其所代表区域的土壤、植物、大气系统的历史调查、野外观测、实验研究和卫星遥感数据,以及主要生态要素空间化的 GIS 数据,形成了初具规模的服务于生态系统通量观测研究的服务网站、数据与模型融合系统的国家层次综合信息平台,极大地提高了中国陆地生态系统碳循环研究综合能力和数据、模型服务能力。

### 3.3 陆地生态系统碳储量的时空格局特征研究

(1) 土地利用变化对土壤有机碳氮储量影响的研究。CERN 综合研究中心研究人员通过系统收集全国第二次土壤普查的 5 405 个土壤剖面数据,构建并完善了中国陆地土壤剖面数据库,实现了我国土壤基础数据的空间化。基于两次全国土壤普查资料,详细探讨了 1960—1980 年土地利用变化对中国陆地土壤有机碳库的影响,并使用 20 世纪 90 年代多期

陆地卫星 TM 序列影像获得黄河三角洲、东北地区和全国土地利用变化的时空特征,估算了 20 世纪 90 年代中国草地、森林和农田之间相互转换的土壤碳、氮储量的变化,改进了土地利用变化影响的“簿记(book keeping)”方法,阐明了 20 世纪 90 年代中国土壤碳氮储量变化的空间特征。初步研究结果表明,我国典型人工林具有较强的土壤增汇能力,从而为预测未来土地利用/土地覆被变化可能导致的陆地生态系统碳氮源汇的变化提供了科学依据。

(2) 风蚀对土壤碳储量的影响研究。依据第二次全国遥感侵蚀调查数据,从分析风蚀土壤颗粒的运动形式着手,估算了中国土壤风力侵蚀的规模;并基于全国第二次土壤普查数据,结合风蚀土壤的运动途径分析,研究了风蚀过程中土壤有机碳库的变化。同时,分析了不同风蚀强度下表层土壤的理化特征,计算了风蚀土壤有机碳的损失量和空间分布,为深入开展自然干扰与土壤碳循环相互作用的研究奠定了良好的基础。

(3) 基于叶生长的生物学原理建立了一种模拟森林叶面积指数季节动态及地理分异的物候学模型,系统阐明了我国森林植被碳蓄积特征参数的地理分异规律。基于青藏高原样带数据的格局分析发现,自然植被第一性生产力、地上/地下生物量和叶面积指数与水热气候因子的关系均趋同于非线性的 Logistic 函数,以翔实的实测数据证明了 Weber 定律在陆地生态系统中的普遍规律;叶面积指数、大气降水、土壤水分和养分之间存在一种动态平衡,其数量关系具有阈值特征;叶面积指数与土壤养分(尤其是氮素养分)的相互作用会对冠层光和产量产生重要影响。这种相关规律为进一步建立区域尺度陆地生态系统模型提供了新思路。

(4) 初步绘制了我国不同时期(1973—1977 年、1978—1980 年、1984—1988 年、1989—1993 年、1994—1998 年)森林植被生物量碳密度分布图。基于 5 000 多块森林样地资料,估算了 1989—1993 年我国森林总生物量和生产力。基于近 10 年数据的青藏高原自然植被生物生产力数据库,估算了 117 个县的总生物量并模拟了植被生产力的潜在分布。基于全国森林资源一类调查的样地数据(1993—1998 年,约 15 万个样地),采用 GIS 模型估算了全国森林植被碳库在植物、土壤及凋落物中的分布,并绘制了森林植被碳密度分布图。该成果的主要创新点是:①在国内第一次建立了具有时间序列的中国森林植被分布图和中国森林碳密度分布图;②提出了一种新的基于叶寿命指数分区的森林植被遥感分类方法;③提出了一种能够融合多种数据源、具有总体精度控制的碳密度空间化新方法。该成果将对生物量碳蓄积估算研究和遥感植被分类研究产生重要影响<sup>[3]</sup>。

(5) 开展了草地生态系统生产力形成机制的研究,提出了牧草再生序时递减规律和草地生产力环境梯度理论模型框架;对南方草地生态系统物质循环过程进行了综合观测和研究,提出了南方草地生态系统营养元素动态、积累和分配的特征规律;开展了草地生态系统稳定性调控研究,探讨了草地种群在气候变化下的繁殖机理和草地植物竞争机制;研制了草地生产管理的运用模型和检索系统;建立了中国草地样带(CGT)数据库,估算和分析了中国草地植被碳蓄积量及其空间分布格局<sup>[4]</sup>。

### 3.4 陆地生态系统多尺度模拟综合集成研究

随着对陆地生态系统结构、功能和生态过程认识的不断深入以及遥感、地理信息系统和计算机技术的发展,陆地生态系统模型在研究区域和大尺度生态学问题上,尤其是生态系统的时空动态方面有着其它研究手段不可替代的优势。近年来,CERN 综合研究中心利用多尺度的大量实验和观测数据开发建立了一系列生态学模型,包括气孔导度—光合作用—蒸腾作用耦合模型、土壤—植物—大气系统的水—碳耦合模型(如长时间尺度气孔导度的多环

境变量组合模型、气孔导度—光合作用的耦合模型、基于气孔行为的蒸腾—光合作用综合模型(SMPTSB)、水分利用效率过程模型(SMPTSB-WUE)、田间尺度的土壤—植物—大气系统的水—碳耦合循环模型、碳—水耦合循环过程的生态系统生产力模型(EPPML)、土壤—植被—大气系统动力学模式(VIP)、大气—植被相互作用模型(AVIM)、光合作用模型、生态系统生产力(EPS)模型等),以及叶面积指数季节动态及地理分异的物候学模型,并对不同陆地生态系统的碳循环和水循环过程进行了模拟和分析。这些研究为开展生态系统碳水耦合循环模型研究奠定了基础,为开展土壤/植被/大气系统的能量物质输移与植被生产力形成生态学过程的耦合解析,及水资源制约的生态系统生产力分析提供了思路和方法。

此外,还利用空间化的环境数据和植被参数,改进了一个区域尺度碳循环模型(CEV-SA),估计了区域和国家尺度陆地生态系统生产力和碳循环的空间格局及其在季节、年代和世纪不同时间尺度上的变化。发现中国陆地生态系统在过去 20 a 净初级生产力总量波动于 2.86~3.37 Gt C a<sup>-1</sup>之间,土壤呼吸碳释放总量变化在 2.89~3.21 Gt C a<sup>-1</sup>之间。全国 NEP(Net Ecosystem Productivity)波动在 -0.32 和 0.25 Gt C a<sup>-1</sup>之间,平均值为 0.07 Gt C a<sup>-1</sup>,波动幅度高达平均值的 8 倍以上;发现陆地生态系统是一个碳汇,但由于初级生产力增长低于土壤碳释放增长,碳吸收能力有下降的趋势;全国大多数地区碳收支平衡有余,较高的碳汇出现在东北平原、西藏南部和黄淮平原等少数地区,而大小兴安岭、黄土高原、云贵高原及山东和浙闽丘陵地区为碳源区;陆地生态系统由于气候和大气 CO<sub>2</sub>浓度的增长从 20 世纪初开始成为一个碳汇,碳吸收速率在 50 年代以后显著提高,但到本世纪中达到饱和;降水和 CO<sub>2</sub>浓度增加是北半球中高纬度碳汇形成的主要机制,气候变暖降低了陆地碳吸收能力。同时,还将改进的 CEVSA 模型运用到农业系统,并结合 GLO-PEM 估算的实际农田生产力,估算了中国秸秆还田及免耕措施的碳吸收潜力。

在上述研究的基础上,CERN 综合研究中心还引进和改进了 InTEC、EALCO、BEPS、GLOPEM、TEM、CASA、VPM 和 CENTURY 等多个模型,有力地促进了有关模型在我国的应用和发展,也为今后构建多尺度数据—模型融合系统,现实地预测和预报生态系统动态变化奠定了基础<sup>[5]</sup>。

### 3.5 青藏高原生态系统格局与全球变化相互作用关系研究

(1) 初步揭示了青藏高原的碳源汇特征。采用箱式法在青藏高原高寒草甸、高寒草原、高原农田、亚高山森林和高原湿地 5 种典型生态系统类型中,进行土壤温室气体排放的连续观测,获得了土壤温室气体排放与环境因子之间的关系以及温室气体排放的日、季节、年际动态。通过收获法得到净初级生产力,计算出高原典型生态系统的碳平衡。发现高原 5 种生态系统都表现出比较明显的碳汇。借助基于 GIS 的生态系统模型和遥感数据,分析了整个青藏高原的碳平衡状况,表明青藏高原区域是一个比较明显的碳汇。

(2) 探讨了青藏高原土壤有机碳储量及其分布规律。通过水平样带(海北—格尔木—五道梁—拉萨—林芝)调查,对高原的主要植被和土壤类型进行了采样分析。结合第二次全国土壤普查数据,计算了青藏高原土壤有机碳储量及其分布规律<sup>[6]</sup>。同时,通过垂直样带(贡嘎山垂直带)调查,对垂直带上的不同植被类型和土壤进行了采样分析,获得了山地生态系统土壤有机质以及植物群落结构随海拔的分布规律<sup>[7]</sup>。通过<sup>14</sup>C 同位素示踪的方法,对青藏高原两种典型生态系统(森林和高寒草甸)的土壤有机碳累积速率进行了研究,确定了自核爆炸以来高原典型生态系统土壤有机碳的累积量。若尔盖湿地的土壤采样分析表明水分梯度对沼泽土和泥炭土有机碳的影响较大,而实验室培养试验研究发现水分是影响湿地

土壤碳氮矿化的主要因子。

(3) 阐明了在氮素受限的高寒草甸生态系统中植物和土壤微生物对  $\text{NH}_4^+$  或者  $\text{NO}_3^-$  表现出较强的竞争关系,而当  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NO}_3^-$  同时输入该系统时,植物和土壤微生物却呈现出一定的合作关系来共同吸收利用  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NO}_3^-$  [8]。基于整合性研究的思想,评价了氮沉降对陆地生态系统碳截留的影响,认为必须考虑氮沉降对土壤  $\text{CO}_2$  净排放的影响才能更准确地估算氮沉降对陆地生态系统碳截留的贡献,而单纯采用氮的运移规律估算氮沉降对碳截留的贡献并不可取;在考虑氮沉降对土壤  $\text{CO}_2$  净排放的影响的前提下,通过氮沉降对生物量的促进作用估算氮沉降对碳截留的贡献是最直接有效的方法 [9]。

(4) 证实了小嵩草草甸和矮嵩草草甸主要优势植物种具有从土壤中获取有机氮的能力,但是该能力存在物种和生态系统水平上的差异:矮嵩草草甸植物的吸收能力显著高于小嵩草草甸植物的吸收能力;在同一生态系统中建群种表现出比非建群种更稳定的吸收能力。应用双标记 ( $^{14}\text{C}$  和  $^{15}\text{N}$ ) 的螺旋藻材料,首次在中时间尺度上量化了土壤有机氮对植物氮营养的年际贡献,认为土壤有机氮是高寒植物一个重要的氮源。该研究对于深入探讨陆地生态氮素循环的模式具有重要的意义。

(5) 基于 BIOME1 模型,结合青藏高原气候数据,利用能够代表植物分布的少量的限制性因子,即控制高原物种分布的、具有明显的生理作用的参数(最冷、最热月平均温度,大于  $5^\circ\text{C}$  积温,大于  $0^\circ\text{C}$  积温,及 Priestley-Taylor 系数),以及 PRISM 模型模拟的分辨率为  $2.5' \times 2.5'$  的青藏高原气候数据对青藏高原主要优势树种现实分布格局进行了模拟,结果表明,在气候变暖的条件下,喜马拉雅冷杉、林芝石杉、高山松、西藏红杉、川滇高山栎的分布区将朝着北部和西部方向扩展、移动。利用以上气候参数对未来气候情景下青藏高原植被格局进行模拟,结果表明,未来  $\text{CO}_2$  体积分数增加(增至  $500 \times 10^{-6}$ )、温度和降水升高的气候条件下,高原植被格局会发生变化:亚高山山地森林、高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠的面积收缩,而山地森林、山地灌丛草原、山地草原和山地荒漠的面积扩大 [10]。

### 3.6 科研成果与人才培养

#### 3.6.1 人才培养

1999 年起,CERN 综合研究中心陆续从海外引进中科院“百人计划”入选者 5 名,他们是于贵瑞(1999 年)、田汉勤(2002 年)、曹明奎(2004 年)、李胜功(2006 年)、徐明(2007 年)。实验室国家杰出青年科学基金获得者有 4 人:于贵瑞(2003—2005 年)、田汉勤(2002—2004 年)、曹明奎(2005—2008 年)、于强/李旭辉(2004—2006 年,杰青 B)。

此外,CERN 综合研究中心开展了多层次的研究生培养计划和活动,2000—2009 年招收博士后 41 名,出站博士后 32 名,招收博士研究生 79 名(包括 17 名联合培养生),毕业博士研究生 59 名,招收硕士 58 名(包括 20 名联合培养生),毕业硕士研究生 26 名。

#### 3.6.2 科研成果

CERN 综合研究中心自 2000 年重组以来,共发表文章 638 篇,其中 SCI/EI 文章 214 篇,国内核心文章 367 篇,出版专著、译著 39 部。注册专利 8 项,软件著作权 10 项。

### 3.7 实验室建设

#### 3.7.1 理化分析实验室

CERN 理化分析实验室包括生态环境物理实验室、(热红外)定量遥感实验室、ChinaFLUX 观测仪器实验室、植物生理生态实验室和同位素分析实验室。目前有连续流动分析仪、总有机碳仪、凯氏定氮仪、紫外可见分光光度计、气相色谱等分析测试仪器,共享使用中

中国科学院地理科学与资源研究所的电感耦合等离子体发射光谱仪、电感耦合等离子体质谱仪、高效液相离子色谱、激光粒度仪、同位素质谱仪等大型仪器,具备了土壤、植物、水体碳、氮、磷总量和碳、氮、磷形态等项目的分析能力,并具有 ICP-MS、同位素分析仪样品上机前处理能力,基本可以进行生态监测网络常规监测项目的分析工作。

### 3.7.2 综合研究中心数据部

CERN 综合研究中心数据部负责和承担中国生态系统研究网络和国家生态系统观测研究网络所有野外台站长期定位观测及相关生态学研究的数据收集、加工处理、存储、归档、管理和共享服务;负责建立和维护网络长期生态定位观测数据库及生态学专业数据库开发;负责网络长期生态定位观测信息管理的有关技术标准、规范的拟定;负责网络长期生态定位观测数据存储检索系统、高性能计算机系统的运行、管理、维护、建设和服务;组织和实施各野外台站的数据管理信息系统建设工作。其拥有以下大型数据处理及模拟硬件设备: SUN5500、SUN6900、SUNV880 服务器, ONXY2 SGI 服务器, 深腾 1800 联想服务器、AS-PE4600 Dell 服务器和 SANS 存储系统。软件环境有 UNIX 和 Windows 2003 server 操作系统, Oracle 9i 数据库管理系统和 ARCIMS、ARCSDE 等 GIS 软件。

## 4 未来研究方向

未来 CERN 综合研究中心的研究方向主要集中在以下几个方面:

### 4.1 陆地生态系统碳氮水循环及其耦合

在中国陆地生态系统  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ 、水汽和能量通量观测研究网络和陆地样带的基础上,构建能覆盖全国主要生态功能区各种类型陆地生态系统(森林、草地、农田、湿地和城市)碳、氮、水通量及其耦合循环过程的综合观测体系,通过温室气体通量的观测与生态过程的野外实验,结合稳定性同位素、数值模拟与遥感等技术与方法,揭示生态系统碳、氮、水循环及其耦合关系的区域特征及生物与环境控制机制,阐明生态系统主要生命元素(碳、氮、钾、磷等)的代谢特征、利用效率及生理生态平衡(包括分配、转化与转移)规律,研发多尺度的观测数据—模型融合系统和机理模型,建立国家层次陆地生态系统温室气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ )管理的计量体系和决策支持系统,为国家履行《联合国气候变化公约》和温室气体和水资源管理提供科技支持。

### 4.2 区域碳汇功能动态

利用综合中心已有的气候、植被、土壤、碳通量等地面观测数据、遥感观测数据以及生态系统过程、机理模型和遥感模型,定量分析典型区域或主要陆地生态系统的碳源、碳汇动态,评价中国陆地生态系统对东亚和全球碳收支的贡献。

### 4.3 生态敏感区、脆弱区和过渡区对全球气候变化的响应与适应

研究生态环境脆弱区、生态变化敏感区和生态系统过渡区的生物地球化学循环特征对于认识全球变化的区域响应和适应至关重要。以我国北方农牧交错带、东北地区森林草原过渡带、青藏高原等区域为主要研究对象,开展气候变化与人类活动双重作用下生态系统结构、功能和过程的变化及其响应与适应机理,为预测未来气候和土地利用变化情景下生态敏感区、脆弱区和过渡区对全球气候变化的响应与适应,制定相应的适应策略提供科学依据。

### 4.4 生态监测、模拟与生态信息应用

研究生态系统长期监测的指标、规范和数据共享机制,解决信息共享和数据资源管理过程中的关键技术,开发生态系统变化、碳、氮和水循环过程监测的新技术和方法,生态系统模



拟与数据集成分析和尺度转换的新理论和新方法。发展生态信息科学的理论,解决生态系统监测和实验中的数据采集—远程传输—集成分析的关键技术,探讨以地面网络动态监测为基础的生态信息空间化的理论和方法,开发栅格化的基础空间生态数据库和信息系统。

#### 4.5 全球气候变化主要因子对生态系统关键过程的影响

以我国典型森林、草地和农田生态系统为主要研究对象,开展环境条件控制试验(如模拟氮沉降试验、开顶箱增温试验、自由大气 CO<sub>2</sub> 富集试验、人工降水试验等),分析与气候变化有关的关键要素(如温度升高、降水格局变化、大气 CO<sub>2</sub> 浓度变化及氮沉降等)对生态系统结构与功能的影响,阐明生态系统碳、氮、水循环过程,特别是土壤过程以及地上与地下循环的耦合关系对全球变化的响应与适应机理,为评估和预测生态系统碳、氮、水循环动态、制定应对气候变化的对策提供科学依据。

### 5 成果预期

在未来的 3 a 和“十二五”期间,通过逐步推进与实施规划的有关内容,将揭示全国或重点区域的生态系统结构与功能、过程与格局的时空变化规律及其调控机制;阐明我国主要生态系统能量和生命元素的循环及其耦合过程及其对全球环境变化的响应和生态系统适应机制;提供区域和全国陆地生态系统格局、关键过程和生产力动态变化的生态信息,预测和分析生态系统与区域环境变化的未来情景;探索应对全球环境变化的生态系统适应性管理以及区域生态系统可持续发展的途径和战略;评估生态系统服务功能、承载能力和可持续发展能力;试验研究和开发资源高效利用的生态系统调控技术体系,研究和示范推广不同生态区域的生态系统综合管理模式;建立具有国际先进水平的野外试验和观测研究设施、研究平台与人才队伍,获得具有国际影响或领先的研究成果,引领国内的研究方向和学科前沿,推动区域生态系统综合研究和长期联网试验和观测研究的发展。

#### 参考文献(References):

- [1] 于贵瑞,何洪林,刘新安. 中国陆地生态系统空间信息化图集——气象要素分卷[M]. 北京: 气象出版社,2005. [YU Gui-rui, HE Hong-lin, LIU Xin-an. Atlas for Spatialized Information of Terrestrial Ecosystem in China-Volume of Climatological Elements. Beijing, China Meteorological Press,2005. ]
- [2] YU Gui-rui, WEN Xue-fa, Tanner Bertrand-D, *et al.* Overview of ChinaFLUX and evaluation of its eddy covariance measurement [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*,2006,137(3/4):125-137.
- [3] LUO Tian-xiang, LI Wen-huai, ZHU Hua-zhong. Estimated biomass and productivity of natural vegetation on the Tibetan Plateau [J]. *Ecological Applications*,2002,12(4):980-997.
- [4] 樊江文,陈立波. 草地生态系统及其管理[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社,2002. [FAN Jiang-wen, CHEN Li-bo. Grassland Ecosystem and Management. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press,2002. ]
- [5] 曹明奎,于贵瑞,刘纪远,等. 陆地生态系统碳循环的多尺度试验观测和跨尺度机理模拟[J]. 中国科学 D 辑, 2004, 34(增刊 II):1-14. [CAO Ming-kui, YU Gui-rui, LIU Ji-yuan, *et al.* Multi-scale observation and cross-scale mechanistic modeling on terrestrial ecosystem carbon cycle. *Science in China Series D—Earth Sciences*,2004,34 (Supp. 2):1-14. ]
- [6] 田玉强,欧阳华,徐兴良,等. 青藏高原土壤有机碳储量与密度分布[J]. 土壤学报,2008,45(5):933-942. [TIAN Yu-qiang, OUYANG Hua, XU Xing-liang, *et al.* Distribution characteristics of soil organic carbon storage and density on the Qinghai-Tibet plateau. *Acta Pedologica Sinica*,2008,45(5):933-942. ]
- [7] 王琳,欧阳华,周才平,等. 贡嘎山东坡土壤有机质及氮素分布特征[J]. 地理学报,2004,59(6):1012-1019. [WANG Lin, OUYANG Hua, ZHOU Cai-ping, *et al.* Distribution characteristics of soil organic matter and nitrogen on the eastern slope of Mt. Gongga. *Acta Geographic Sinica*,2004,59(6):1012-1019. ]

- [8] SONG Ming-hua, XU Xing-liang, HU Qi-wu, *et al.* Interactions of plant species mediated plant competition for inorganic nitrogen with soil microorganisms in an alpine meadow [J]. *Plant and Soil*, 2007, 297(1/2): 127-137.
- [9] XU Xing-liang, OUYANG Hua, CAO Guang-min. Nitrogen deposition and carbon sequestration in alpine meadows [J]. *Biogeochemistry*, 2004, 71(3): 353-369.
- [10] SONG Ming-hua, ZHOU Cai-ping, OUYANG Hua. Simulated vegetation distributions in response to climate change on the Tibetan Plateau [J]. *Journal of Vegetation Science*, 2005, 16(3): 341-350.

## Research Progress and Perspectives of Synthesis Research Center of Chinese Ecosystem Research Network, Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, CAS

Synthesis Research Center of Chinese Ecosystem Research Network, CAS  
(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** This article briefly describes the history of the Synthesis Research Center of the Chinese Ecosystem Research Network (CERN), the major research achievements since CERN establishment, and its future research directions. The representative research achievements from CERN include 1) development of management and sharing system for dynamically monitored data and spatial information data of the ecosystems in CERN; 2) observation of carbon, water, and heat fluxes in China's typical terrestrial ecosystems; 3) spatio-temporal patterns of carbon stock in China's terrestrial ecosystems; 4) multi-scale modeling and integrative studies on terrestrial ecosystems, and 5) study on the interaction between ecosystems and global change in Qinghai-Tibet Plateau. Future research directions are mainly focused on: 1) carbon, water, and nitrogen cycles and their coupling, functions and dynamic of regional carbon sink, the response and adaptation of ecologically sensitive areas, vulnerable areas, and transitional zones to global climate change; 2) ecological monitoring, ecological modeling, and application of ecological information techniques; and 3) the effects of major factors of global climate change on main processes of ecosystems. With its major missions of network ecosystem monitoring, observation and demonstrative experimentation, the Synthesis Research Center for CERN will make efforts to get globally influential and innovational achievements in these research directions.

**Key words:** CERN; Synthesis Research Center; research achievement; research directions; outlook