

# 中国科学院中国生态系统研究网络 (CERN)的现状 & 未来发展思路\*

杨萍<sup>1</sup> 于秀波<sup>2</sup> 庄绪亮<sup>1</sup> 牛栋<sup>1</sup>

(1 中国科学院资源环境科学与技术局 北京 100864  
2 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

**摘要** 中国生态系统研究网络(CERN)于1988年由中科院组建。CERN的建立是我国生态系统监测与研究工作的一个飞跃,它克服了单个生态站监测和研究的局限,使得在国家尺度开展生态学对比研究和综合研究成为可能,为国家的宏观决策提供更全面、系统的科学数据。经过20年的建设和发展,CERN的工作实现了制度化、规范化、标准化管理。中科院知识创新工程以来,CERN在国家野外科学观测研究台站体系建设中发挥了示范和带动作用,成为我院与国家创新体系各单元联合、合作、共同发展的成功模式之一。

**关键词** 中国生态系统研究网络(CERN),建设,生态系统生态过程,联网研究

## 1 生态系统联网研究的国际发展状况

生态系统观测研究网络的建设自20世纪80年代开始,目的是对不同类型生态系统开展联网式动态观测研究,解决人类所面临的气候、生物多样性、土地利用/覆被等方面的生态学问题,是开展全球地球表层过程观测研究的重要途径之一,在区域性生态、环境和资源的监测和研究中发挥重要作用。美国长期生态研究网络(LTER Network)、英国环境变化网络(ECN)和中国生态系统研究网络(CERN)是世界上最为重要的国家级生态网络,也是国际长期生态研究网络(Long-Term Ecological Research Network,ILTER)和全球陆地观测系统生态网络(GTN-E)的发起成员网络。

### 1.1 美国长期生态研究网络(US-LTER)

US-LTER建于1980年,是建立最早、代表生态系统类型最多(目前有森林、草地、农田、湖泊、海岸、荒漠、极地冻原和城市等生态类型的26个实验站)、设备最完善的国家尺度长期生态研究网络,其建成与完善对于其它长期生态研究网络的发展具有旗帜和示范作用。最近由美国国家科学基金会支持,在US-LTER基础上,正在建立美国国家生态观测网络(National Ecological Observatory Network,简称NEON)。该建设项目代表目前国际生态系统观测研究网络的最新发展水平。NEON将按其所在地理区域类型,全面配置先进的实验室、野外观测仪器、自然历史档案馆等基础设施,通过先进的通讯方式与所有站进行联网,建成具有计算、分析和建模能力,并能通过计算机联

\* 收稿日期:2008年10月20日



中国科学院

网的信息化科技环境。NEON 的目标是用最先进的观测和设备,通过网络式的观测、试验、研究和综合分析,综合研究从分子到生态系统的所有层次、各个尺度的生态现象,建立联网的虚拟研究环境,阐明环境变化的成因和后果,预测环境变化的趋势并提出相应的对策。NEON 的构成有两个层次:第一个层次是由分布在美国农业部林业总署提出的植被分区图的一级区内的一些研究机构、实验室和野外观测站组成 17 个区域网络;第二个层次是由上述区域网络组成的国家网络“核心站”和“卫星站”。在每一个区域网络中设有一个“核心站”,这些站将具有全面、深入开展生态学研究所需的野外设施、研究装置和综合研究能力。“卫星站”的数目很多,通常只配置对某些生态过程或现象观测的野外装置。

### 1.2 英国环境变化网络(ECN)

ECN 建立于 1992 年,现有 9 个研究中心,54 个陆地和淡水生态系统站(其中陆地生态系统站 12 个,淡水生态系统站 42 个),260 个长期试验和过程研究点。ECN 的主要目标是:(1)选取、建立并维持一批网络综合监测站点,监测具有重要环境意义的诸多指标,获得可资比较的长期数据;(2)对监测数据进行综合分析,揭示自然或人为导致的环境变化,探索这些变化的原因;(3)将数据、信息和研究成果应用于科学、社会和公共领域,通过分析数据发现和预测未来的环境变化。核心研究领域包括气候变化、大气污染、土地利用/覆被变化、水资源、生物多样性、土壤质量等。数据库中心是 ECN 的重要组成部分,其职能是确保数据控制、验证和评估,并为内部与外部用户提供数据服务。内部用户可利用数据库进行分析和建模,而科学、社会和教育等外部用户可通过网络访问数据库并提取有用信息。

ECN 的研究重点主要是通过长期生态

系统研究来理解、预测和管理这些变化以及相互作用,根据长期积累的科学数据和知识,建立定量模型预测未来变化,为生态系统管理和制定政策提供信息支持。该网络的研究与监测主要有 5 个层次:(1)长期生态系统研究站;(2)生物多样性观测(如鸟类和蝴蝶观测);(3)定点监测(如状态监测);(4)大范围调查(如生物记录、乡村调查);(5)遥感调查(如土地覆被和栖息地变化等)。

### 1.3 其它国家的生态系统研究网络

近二三十年来,随着长期生态、网络生态研究的发展,一系列国家和地区生态系统研究网络相继建成并运行,至今已形成了 38 个成员网络,例如韩国、日本、法国、台湾等国家和地区。

韩国长期生态学研究网络(KNLTER)于 2004 年在韩国环境部的支持下开始正式运作,其主要任务为阐明全球变化对生态系统的影响,建立符合生态学规律的自然资源和土地利用管理方案,并建设全国性的生态系统数据库。现有陆地生态系统、淡水生态系统、海岸生态系统以及动物生态学 4 个研究领域。KNLTER 正处于 10 年建设计划的第二阶段,主要致力于建立生态系统数据库以促进交流和合作。KNLTER 也正向ILTER 管理体系的目标迈进。

欧洲长期生态研究网络(LTER-Europe)于 2007 年在匈牙利巴拉顿弗拉德(Balatonfüred)建立,其目的是促进长期生态系统研究者和研究网络在地方、区域和全球尺度上的合作与协调。LTER-Europe 的建立是欧盟第六框架计划卓越网络为期 5 年(2004—2009 年)的项目 ALTER-Net(A Long-Term Biodiversity, Ecosystem and Awareness Research Network)所取得的重要成果之一。ALTER-Net 项目由 17 个欧洲国家的 24 个伙伴机构参与,主要研究生态系统、生物多样性和社会之间的复杂关系。

## 2 CERN 的建设历程

CERN 始建于 1988 年,建设宗旨是通过在全国不同区域和不同类型生态系统的长期监测与试验,结合遥感与模型模拟等方法,研究我国生态系统的结构与功能、过程与格局的变化规律,开展生态系统优化管理与示范,提高我国生态学及相关学科研究水平,为我国生态与环境保护、资源合理利用和国家可持续发展及应对全球变化等提供长期、系统的科学数据和决策依据。回顾 CERN 20 年建设历程,大致分为 4 个阶段:

(1)准备阶段(1988 年以前)。20 世纪 50 年代初,中科院就开始建立资源环境科学领域的野外站,开展相关监测、试验和示范推广工作。1988 年,中科院决定组建 CERN,开始了相应的筹备工作。

(2)规划和设计阶段(1988—1993 年)。重点是提出了 CERN 的建设理念、目标、规模、战略布局和建设方案,确定了包括农田、森林、草地、荒漠、水体等典型生态系统类型的 29 个初始网络成员站,设计了生态站-分中心-综合中心的机构框架,向原国家计委和世界银行申报了项目,并获得批准,为 CERN 的后续建设和发展奠定了基础。

(3)建设阶段(1993—2000 年)。在“中国科学院生态网络系统工程”建设项目和世界银行贷款“中国环境技术援助项目”的共同支持下,建设重点是 29 个生态站、5 个分中心和 1 个综合中心,配置野外监测基础设施、研究和监测设备,建设生态系统动态监测信息系统等,形成了监测、研究和示范的基本条件和基本能力,并成为ILTER 主要发起成员之一。在管理体制上,成立了 CERN 领导小组、科学委员会等机构,确立了 CERN 的生态监测与试验、基础科学研究和生产技术示范的 3 大核心任务。

(4)运行和发展阶段(2000 年以后)。重

点进行了管理体制与运行机制的完善,CERN 进入了良性发展的轨道,并具备了自我发展的能力,逐渐成为监测、研究的综合平台。同时,在 CERN 平台上,建立了中国陆地生态系统通量观测研究网络,进一步发展和完善农田养分循环与 N、P、K 平衡试验平台,以及生物多样性大样方监测体系。2005 年,在科技部启动的生态与环境国家野外科学观测站网络建设工作中,36 个生态站入选国家生态与环境野外科学观测研究站。同时,还成立了挂靠在 CERN 综合中心的国家生态系统观测研究网络综合研究中心。

## 3 CERN 的现状

目前,CERN 有 16 个农田生态系统站、10 个森林生态系统站、2 个草原生态系统站、5 个荒漠生态系统站、6 个湿地生态系统站(包括 3 个海湾站、2 个湖泊站和 1 个沼泽站)和 1 个城市生态系统站,共计 40 个生态系统类型站。另有 5 个学科分中心和 1 个综合中心,形成合理的学科、类型布局(见封二),覆盖全国主要类型区和区域。

### 3.1 野外基础设施和试验条件的建设基本完成

通过 20 余年持续不断的建设,CERN 生态站完成了基础设施改造、仪器设备更新和交通工具配置,生活和研究条件得到了根本改变,监测、研究和示范的综合能力得到进一步提升。水、土、气、生 4 个要素动态观测仪器设备实行了统一购置,并进行了多次更新换代,部分生态站还购置了碳通量观测的涡度和土壤呼吸系统的专用设备;逐步完善了办公、生活用房及实验室建设,对站区道路、围栏、供电、通讯、给排水、锅炉等进行了更新与维修;根据野外调查、站区工作和流动观测的需要,购置了越野车、监测船。

### 3.2 综合研究能力得到明显提高

(1)研究平台的建立:在各类研究项目以及专项建设计划的支持下,以 CERN 为基



中国科学院

础平台的专项观测和试验研究平台逐步建立和完善。例如在院重大项目“中国陆地和近海生态系统碳收支研究”、“973”项目“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”的带动下,在千烟洲、禹城、长白山、鼎湖山、西双版纳、内蒙古、海北、拉萨 8 个生态站的 10 种生态系统类型(4 个森林、5 个草地和 1 个农田)上布设安装了生态系统碳、水和能量通量的微气象观测系统,在 16 个站建立了土壤呼吸箱式/气相色谱测定系统,建立了“中国陆地生态系统通量观测研究网络(ChinaFLUX)”。ChinaFLUX 是国内唯一可以连续动态获取生态系统水、碳和能量通量、植被群落微气象要素和植物生理生态过程动态变化资料的野外网络观测系统,已成为我国生态系统与全球变化科学研究的野外观测平台及国际通量观测研究的重要区域网络,受到国际同行的极大关注。它的建立,提升了 CERN 的专项观测能力,提高了我国陆地生态系统碳循环和碳收支的研究能力,为我国深入开展陆地生态系统物质循环和区域气候响应等研究提供了平台,为估算国家尺度的碳收支提供了基础。

(2)控制试验设施的建设:随着生态学研究的不深入,长期定位试验生态学研究受到各国生态学家的高度重视。知识创新工程以来,各生态站加强了长期控制试验设施建设,在长期观测试验的基础上,探讨生态系统过程与机理,提出退化生态系统恢复与重建、生态系统有效管理的途径。例如,内蒙古草原站按照严格的统计学要求,设计实施了 4 个多因子生态学试验,系统布设了野外长期控制实验,包括生物多样性与生态系统功能实验、长期养分添加实验、退化草地生态系统火因子调控实验、长期放牧实验等。通过 20 多年的数据积累,研究成果“温带草原生态系统多样性与稳定性的关系及其补偿效应”一文,在国际权威期刊 *Nature* 上发

表,从物种-功能群-群落层次阐明了温带典型草原生态系统的补偿效应,在国内外学术界引起很大反响。不仅对温带草原生态系统生物多样性与稳定性的关系研究取得了重要的理论突破,还将用于指导我国北方草地管理和退化草地生态系统的恢复与重建。

(3)生态系统过程的联网研究:开展网络层面的联网研究是 CERN 存在与发展的根本。如依托 CERN 土壤分中心、海伦、阜康、长武、盐亭、鹰潭、常熟和沈阳 7 个站连续 5 年的联网试验研究“中国主要农田生态系统氮磷钾的迁移、转化规律与优化管理”,阐明了主要农区长期施肥对土壤养分库及产量的影响,揭示了土壤氮、磷养分库的消长规律,提出了土壤中氮的“接力反硝化”机制,丰富和发展了经典土壤反硝化理论;揭示了不同农田系统养分循环再利用的作物产量增益及其对农田生态系统稳定性的影响,阐明了热量在养分循环再利用产量增益中的重要作用。同时结合社会经济调查分析,在全国、省(区)、县、农户 4 个尺度上,从生物物理过程-社会经济过程两个方面评价和预测了我国主要农田系统化肥过量使用水平和使用风险的时空变化,并分析了农户行为和社会经济驱动因素,从政策、立法和技术 3 个层面提出了控制我国农田非点源污染的肥料利用政策和措施。近年来,依托策勒、阜康、沙坡头、鄂尔多斯、奈曼、内蒙古等生态站,部署了“北方沙漠化带典型生态系统水文过程与植被恢复”,旨在研究我国北方沙漠化带典型水分的有效转化过程,阐明植被对有效水分及其时空异质性的响应与适应机理,揭示植被-水分关系沿中国北方沙漠化带的空间分异规律,为我国北方沙漠化带的生态环境改善、经济和社会可持续协调发展提供科学支撑;依托西双版纳、鼎湖山、神农架、长白山等生态站,启动了“中国东部森林生物多样性格局与地理分异”研



究,主要开展物种多样性研究、密度制约效应研究、生境分化与群落物种共存、主要树种空间结构分析及克隆生态学研究等。

(4)重大研究项目的争取:高水平的野外研究队伍和优良的野外平台,使 CERN 拥有了雄厚的科研实力,成为承担国家任务和解决重大科学问题研究的重要基地。过去 8 年,以 CERN 为平台,承担了 10 多项“973”、“863”、科技支撑、重大基金、院重大等项目。仅以“973”项目为例,“我国农田生态系统重要过程与调控对策研究”在封丘、红壤、栾城、盐亭、海伦等农田生态系统站开展,“中国主要水蚀区土壤侵蚀过程与调控研究”在安塞、盐亭、海伦、红壤等站开展,“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”在综合中心、水分分中心、禹城、千烟洲、拉萨、长白山、鼎湖山等站实施,“北方草地与农牧交错带生态系统维持与适应性管理的科学基础”主要依托内蒙古草原站、生物分中心等进行。2008 年,依托鼎湖山、三江、内蒙古、沙坡头、临泽、奈曼、阜康、策勒、阿克苏等 10 多个生态站,成功申报“973”项目“中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全”和“干旱区绿洲化、荒漠化过程及其对人类活动、气候变化的响应与调控”。另外,综合中心正在主持国家自然科学基金重大项目“我国主要陆地生态系统对全球变化的响应与适应性样带”的研究。

(5)重大成果不断产出:近 20 年来,陆地生态系统碳循环、土壤质量演变、长江下游浅水湖泊富营养化成因、温带草原生态多样性与稳定性关系及其补偿效应、黄土高原丘陵沟壑区土壤干层形成原因等方面取得了重要进展,部分成果获得了包括国家自然科学基金二等奖在内的成果奖励。例如,依托鼎湖山站 25 年持续观测的学术论文“Old-Growth Forests Can Accumulate Carbon in Soils”在 *Science* 杂志上发表,提出了成熟

森林土壤可持续积累有机碳。这一发现将可能从根本上颠覆经典生态学理论中“与非成熟森林相比,成熟森林作为碳汇的功能较弱,甚至接近于零”的理论,对全球碳循环研究产生深远影响。该文被科技部、中国科学技术协会评为 2006 年度中国基础研究十大新闻,相关研究成果“热带亚热带森林生态系统 C、N、H<sub>2</sub>O 耦合研究”获广东省自然科学奖一等奖、国家自然科学基金二等奖。

(6)生态系统管理试验示范产生了巨大的社会和经济效益:CERN 生态站的试验示范工作取得了非常突出的成绩,其中脆弱生态区恢复重建、农田高效种植模式、节水灌溉与优化施肥、精准信息农业、畜牧业高效发展、海水养殖育种与育苗、有机废弃物资源化、新品种引进等方面的优化模式示范推广工作,为我国生态环境建设和地方经济发展提供了有力的科技支撑和示范样板。

### 3.3 优秀人才不断涌现

目前,CERN 已形成了一支在野外环境下团结协作、艰苦奋斗、开拓创新的科研队伍,特别是一批高素质的青年研究和技术人才,为 CERN 长期稳定发展奠定了坚实的基础。已有 9 位站长/主任获得国家自然科学基金杰出青年基金,基于 CERN 站的研究工作而获得“杰青”的人数超过 20 余人,还引进“百人计划”人才近 40 位。

### 3.4 以数据为核心的管理逐渐规范

由于生态系统长期监测获得的各种数据量极为浩繁,数据的规范化与系统化管理就显得格外重要。CERN 作为覆盖全国的生态系统研究网络,数据共享可极大地提高工作效率,为各项研究提供强有力的支持。CERN 已建立了生态站-分中心-综合中心的 3 级数据管理和服务体系,并在 CERN 门户网站集中管理下建立了 3 级综合信息发布平台,以及由生态站数据库、专题数据库、网络数据库构成的数据资源管理系统,数据共



中国科学院

享服务已迈出了实质性步伐。

## 4 CERN 的建设目标与方向

### 4.1 主要目标

以国家需求为导向,面向学科发展前沿,凝练科学目标,整合资源,发挥网络平台的优势。在保障生态监测数据质量的前提下,根据 CERN“监测、研究与示范”3 大核心任务,通过生态系统生态过程的联网研究和大型控制性实验的布设,深入研究各类型生态系统过程,强调区域性的综合研究,在生态学基础理论研究方面获得一系列原创性成果,部分方向取得突破,能够在国际生态学领域产生重要的影响;解决一批国家急需的生态建设、环境保护、农业可持续发展等方面的关键生态学问题。

将 CERN 建成生态系统长期监测、试验研究和生态系统管理示范领域高水平的国家科技创新基地,亚洲区域长期生态系统研究中心,国家生态环境野外监测与研究主干网络,为生态学研究、全球变化研究和区域生态管理提供长期、系统的科学数据和联网研究平台,为我国自然保护、生态恢复、环境治理、资源合理利用、食物安全乃至国家和谐社会建设,提供关键技术、示范模式和决策建议。

### 4.2 核心研究内容

主要研究环境变化和人类活动共同作用下的生态系统格局、过程和功能变化及其调控机理,包括:生态信息技术、多尺度综合观测、试验技术与生态信息管理,生态系统水、碳、氮循环过程机理及其相互作用关系,生态系统对环境变化和人类活动的响应和适应性机理,生态系统的格局与过程变化的多尺度集成模拟,国家尺度的生态系统变化的综合评估,重要区域生态系统管理的基础理论与优化模式。

### 4.3 发展方向

CERN 将进入以联网动态监测和联网

试验研究为主的新阶段,重点开展区域尺度的生态、资源、环境的综合分析,建立“天地”一体的立体观测体系,提高多尺度观测和跨尺度模拟能力,提升全球规模的联网研究能力,服务于全球变化的科学研究和适应对策、发展地球系统科学。

## 5 CERN 发展思路

### 5.1 进一步完善 CERN 的生态系统类型布局

从目前 CERN 的 40 个生态站的类型看,存在 4 个明显的缺陷,一是农田生态系统生态站比较多,具有重要服务功能的森林、草原、湿地等生态系统类型生态站比较少;二是典型生态系统类型生态站比较多,过渡地带生态系统类型生态站(如农牧复合生态系统、农林复合生态系统等)比较少;三是自然生态系统类型生态站比较多,人工生态系统生态站(如城市生态站)比较少;四是特殊类型生态系统生态站(如喀斯特生态站、寒区生态站、红树林生态站、碱地生态站等)也比较少。要从国家层面加强生态系统监测网络的顶层设计,进一步完善、优化 CERN 的生态站布局,同时加强与相关部委所属生态站的协作,逐步形成完整的覆盖全国所有生态系统类型的生态站网络。

### 5.2 加强网络层面的联网研究和研究型生态站的建设

CERN 要尽快突破单个生态站、单项生态要素观测研究的传统模式,加强在区域或国家尺度、相同生态系统的多站联网观测和研究。近 20 年来,CERN 一直强调网络层面的联网研究,也部署了多项联网研究项目,但与 CERN 的建设目标相比还有较大差距,网络层面的综合性成果不多,多生态站的联网对比研究也没有取得实质性进展。今后,仍将积极推动网络层面的项目部署,引导生态站之间的对比研究和网络的综合研究,切实发挥 CERN 的综合平台优势。

相对于联网研究而言,生态站的长期生态学研究取得了突出进展,显示出生态站长期监测、研究的重要作用,部分生态站已成为生态系统研究的重要平台,内蒙古、鼎湖山、太湖、沙坡头、安塞、封丘等生态站就是其中的典型代表。今后,要强化研究型生态站的建设,在仪器设备、基础条件等方面加大投入,一方面,深刻揭示生态系统的过程与机理,另一方面,增强研究型生态站对所在区域生态环境的监测、研究能力。更为重要的是,带动其它生态站站监测、研究水平的提升,进而推动网络层面的联网研究。

### 5.3 高度重视新技术、新方法的应用,全面提升 CERN 的监测技术水平

将物理、化学、生物、信息、材料等学科的新技术、新方法应用到生态监测、研究工作中,与现有的野外观测试验设施相结合,研发监测技术、数据传输和共享技术,是提高 CERN 监测研究水平的重要措施。

近期,在 CERN 中选择部分生态站,开展新技术、新方法在监测研究中的试点工作:①将遥感技术应用到生态监测之中,实现区域遥感数据与地面观测数据(如 China FLUX 观测等)有效融合;②采用气象、水体和通量等要素观测的传感器和现代通讯技术,建立无线传感器网络和在线传输系统,扩大生态系统观测的频度和空间范围,实现生态监测技术的更新换代;③研发 CERN 监测数据质量控制方法,建立生态站-分中心-综合中心 3 级数据质量控制体系和协同工作的分布式数据库;④建立网络层次的模型数据融合平台,实现模型与分析应用软件、试验数据、观测、遥感影像和空间数据库的集成;⑤积极推进 e-Science 在 CERN 的应

用,以网络协同工作模式改善 CERN 的监测、试验与研究活动环境。

### 5.4 建设开放式的研究平台

CERN 的建立是基于我院多年的开拓性野外工作以及对长期定位联网研究的期望,重要目的之一就是要打破国家之间、部门之间、学科之间的封闭状态和限制因素,通过资源整合、数据共享、联合共建,发展服务于国内外、院内外的生态研究的公共野外观测和试验平台、数据资源共享平台。

一方面,将 CERN 建设成为我国生态环境变化长期监测基地,国家重大科学研究项目(“973”、“863”、科技支撑、国家重大基金)的研究基地。作为我院科技创新体系的重要组成部分,与重点实验室、大科学工程构成我院科技基础条件平台的试验基地,在基础研究和应用基础研究中发挥重要作用。

另一方面,加强与农业部、教育部、国家林业局等所属生态站的合作与交流,在长期专项观测、大型控制实验联网研究、数据管理与共享等方面建立稳定的合作关系。扩大与生态站所在地区的大学和研究机构的科技合作,面向地方科技需求,成为所在区域科技创新体系的重要组成部分。同时,加强与ILTER、US-LTER、ECN、LTER-Europe 等之间的交流,借鉴国际长期生态监测与试验新理论、新技术和新方法,在生态系统监测、全球变化和生物多样性等领域开展实质性的双边或多边科技合作与交流,增强 CERN 的国际化视野,提高 CERN 的国际地位与竞争力。加强与周边国家如蒙古、东南亚国家的合作,联合建立生态站、通量观测塔、研究中心等,联合开展跨国生态监测和研究。

(相关图片请见封二)

杨萍 女,中国科学院资源环境科学与技术局生态与环境处副研究员。1964 出生,理学博士。主要研究方向:沙漠化和遥感应用研究及科研管理,目前主要从事生态系统研究网络的管理和研究工作。E-mail: yangping@cashq.ac.cn



中国科学院