



中国生态系统研究网络 (CERN)

中国陆地生态系统通量观测研究网络 (ChinaFLUX)



生态系统通量专项观测年度总结

(2012 年)

CERN 综合研究中心

ChinaFLUX 办公室

2013 年 8 月 15 日

中国陆地生态系统通量观测研究网络 (ChinaFLUX) 是基于涡度相关观测技术开展生态系统碳氮水通量协同观测的区域性网络,也是东亚乃至和全球通量观测研究网络的重要组成部分。通过多年的工作和努力,ChinaFLUX 取得了重要成绩和突出进展,不仅提升了我国通量观测研究的影响力和国际地位,而且得到中国科学院、科技部、国家自然科学基金委员会等多机构的持续支持,其长期的多通量要素协同观测研究将为揭示生态系统碳汇功能及其变异提供重要数据基础。

中国生态系统研究网络 (CERN) 是全球三大长期生态系统观测研究网络之一。近年来,大部分的观测站点也具备了生态系统碳水通量观测的基础,部分站点已经是 ChinaFLUX 的重要成员。为了更好地引导和发展国内的通量观测研究事业,中国科学院 CERN 领导办公室决定从 2012 年开始为 CERN 中具备通量观测基本能力的观测站点提供专项运行经费,开展基于 CERN 的生态系统碳水通量专项协同观测,委托 CERN 综合研究中心统一协调,负责数据质量控制和数据库建设,并纳入 ChinaFLUX 运行体系,实行一体化管理。

在接受这一任务之后,CERN 综合研究中心和 ChinaFLUX 办公室迅速根据任务批示,开展观测站点确认、了解观测系统运行状态和制定相关的管理与服务政策等工作,进一步具体落实基于 CERN 的生态系统碳水通量专项观测。现将

2012 年的工作完成情况总结如下：

1. CERN 生态系统通量专项观测站点的确认

经过 CERN 综合中心和 ChinaFLUX 办公室的前期调研与沟通，目前在 CERN 的 36 个台站中开展通量观测的站点有 20 个，分别为封丘、桃源、鼎湖山、长武、临泽、贡嘎山、西双版纳、禹城、栾城、安塞、阿克苏、长白山、千烟洲、哀牢山、海北、内蒙、拉萨、三江站、沙坡头和阜康等台站。其中除了封丘站因故表示不参与之外，其它 19 个站点表示将积极参加专项观测。19 个站点的空间分布见图 1，包括 6 个农田、7 个草地（含湿地与荒漠）和 6 个森林站点。

CERN 综合中心在收到下拨的研究经费后，及时完成了桃源、鼎湖山、长武、临泽、贡嘎山和西双版纳等 6 个站点运行经费的划拨（其余禹城、栾城、安塞、阿克苏、长白山、千烟洲、哀牢山、海北、内蒙、拉萨、三江站、沙坡头和阜康等 13 个站点的运行费已经打包在信息化维护费中，由中国科学院 CERN 领导办公室直接拨付到 13 个站），以保证观测研究工作的正常开展。

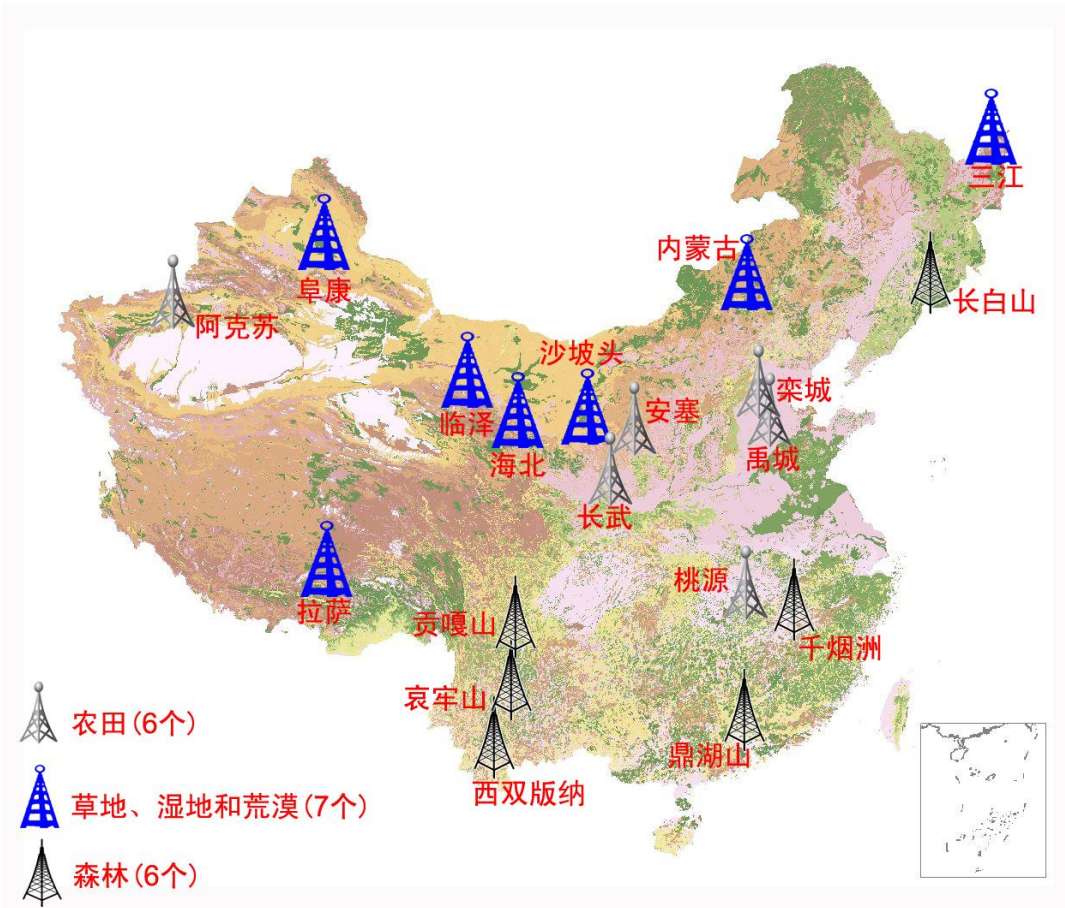


图 1. 参加 CERN 通量专项协同观测的台站

通过 CERN 通量专项协同观测的开展, ChinaFLUX 的观测站点进一步扩展到 45 个(图 2), 其中农田 11 个、森林 12 个、草地(含湿地与荒漠) 22 个。所代表的植被或下垫面类型进一步丰富, 增强了 ChinaFLUX 观测站点在空间分布上的区域代表性, 将为利用通量观测资料评估我国陆地生态系统碳源汇能力提供更直接和重要的基础数据。

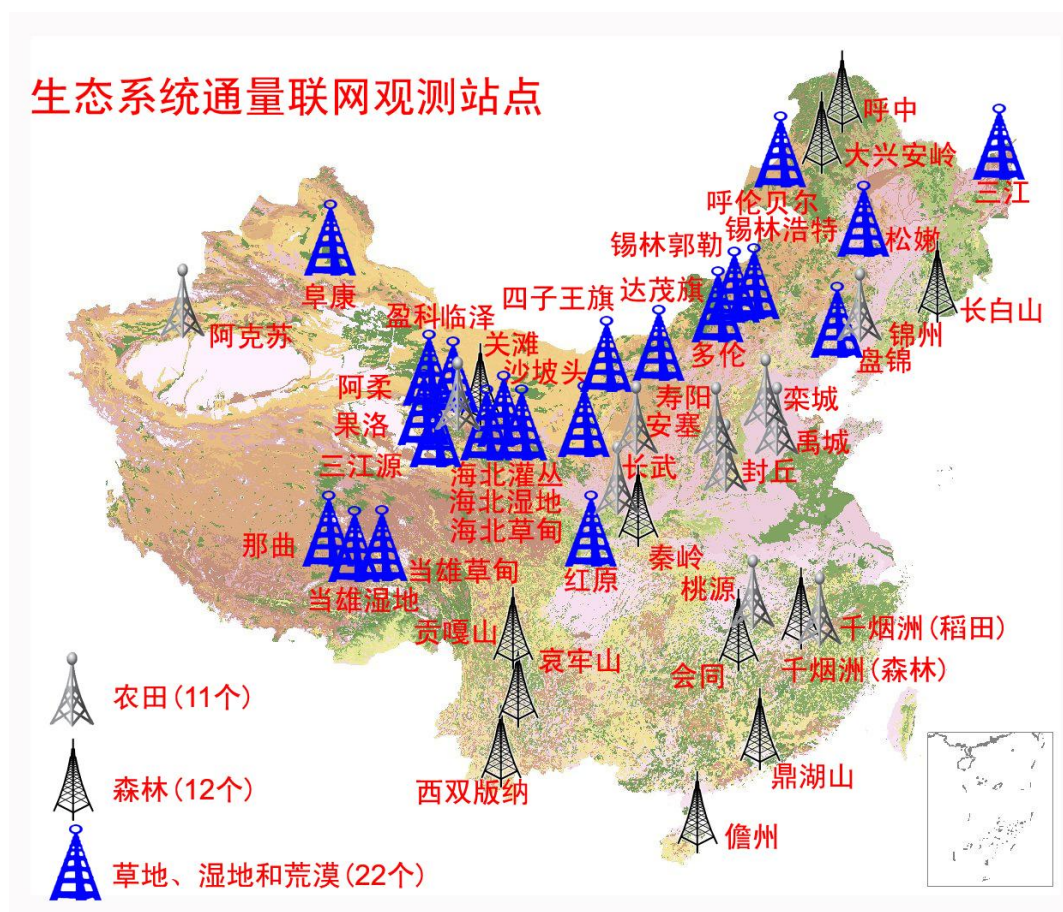


图 2. ChinaFLUX 观测站点空间分布 (截止到 2012 年 12 月)

2. 参加专项观测台站的管理与服务

参加 CERN 通量专项协同观测的站点共计 19 个，其中除了临泽、贡嘎山、安塞、阿克苏、三江站、沙坡头和阜康等 7 个台站之外，其它 12 个台站已经在前期加入了 ChinaFLUX。对于参加本次专项观测的站点，借鉴和采用了 ChinaFLUX 现有的运行规范和技术体系，开展站点信息采集、数据汇交、数据质控、数据存储共享和观测系统标定等工作。

(1) 台站通量观测信息采集

ChinaFLUX 办公室通过与站点的沟通,发送《CERN 台站中通量观测信息采集表》,了解和掌握观测站点植被类型、下垫面、通量观测系统的仪器组成与工作状态,以及开始观测时间和具体负责人等基本信息,为后续的技术服务和协同观测提供基础。

(2) 观测数据汇交

基于协同工作环境,在 ChinaFLUX 现有的数据汇交系统和数据库系统的基础上,增加了新增站点的数据汇交功能与分级保存。每个台站可登录系统后,可完成本台站观测数据的在线汇交以及已处理数据的在线下载(图 3)。



图 3. 基于协同工作环境开发的 ChinaFLUX 数据汇交系统

截止到 2013 年 2 月份,参加专项观测的 19 个站点中,桃源、鼎湖山、西双版纳、禹城、栾城、长白山、千烟洲、哀牢山、海北、内蒙、拉萨和长武站等站

点已经汇交了 2012 年的生态系统碳水通量观测数据，三江站、临泽、贡嘎山、安塞、阿克苏、沙坡头和阜康等台站的观测数据尚未提交，目前 ChinaFLUX 办公室正在积极与这些观测站点进行沟通，预计今年下半年可完成全部站点的年度数据汇交。

(3) 汇交数据的处理与存储

基于 ChinaFLUX 观测数据质量控制和处理体系，采用统一的方法完成台站汇交观测数据的质控和处理，形成标准化的数据产品，并进入 ChinaFLUX 数据库，为相关的科学研究提供基础数据。各台站数据管理人员可以登录 ChinaFLUX 协同工作环境查看和在线下载本台站处理后的数据，以满足本台站科研人员的研究需要。

(4) 观测系统的巡检与标定

保持观测系统的正常工作是获取科学数据的前提和基础，在汇总和了解各台站观测系统工作运行的基础上，由 ChinaFLUX 技术服务人员与各台站保持联系，并提供力所能及的技术服务和协助。同时，根据站点需要，派出专门技术人员前往台站完成观测系统的标定工作，图 4 显示了部分台站观测系统标定前后的相关技术参数。从中可以看出，禹城农田站的 CO₂ 零点漂移较多，而鼎湖山亚热带森林站的 H₂O 漂移量明显偏高。这表明，在开展通量观测研究中，需要对观测设备的工作状态进行及时的检查和问题排除，才能获得科学的观测数据。ChinaFLUX 已经计划进一步加强这方面的技术服务工作，以更好地开展生态系统通量的专项协同观测。

禹城



鼎湖山



图 4. 禹城站（上）和鼎湖山站（下）2012 年观测系统标定前后对比

针对部分台站经过多年观测之后，光合辐射（PAR）传感器出现了明显的衰减（表 1），而 PAR 数据是一个重要的光环境参数，也是数据处理中经常用的环境变量。2012 年，ChinaFLUX 开始对存在上述问题的台站开展了 PAR 传感器的更换工作，目前已经完成了长白山、千烟洲、鼎湖山和西双版纳等台站的更换。

表 1. 部分台站 PAR 仪器衰减情况分析

台站 Site	月衰减率 Monthly attenuation rate (%)	年衰减率 Annual attenuation rate (%)
长白山 CBS	0.3	3.5
千烟洲 QYZ	0.3	3.6
鼎湖山 DHS	0.4	4.7
西双版纳 XSBN	0.4	4.6

3. 观测数据积累与共享

通过多年的连续观测，ChinaFLUX 构建了中国区域陆地生态系统碳水通量的观测规范和数据质量控制、数据加工与存储的技术体系，并且已经积累了最长超过 10 年以上的观测数据。2012 年，持续获取了已有站点的观测数据，并完成了各站点 2011 年观测数据的质量控制和统一处理，形成了不同层次的数据产品，进行分级保存（图 5），并采用离线申请方式，根据用户需求提供数据共享服务，以发挥观测数据的潜在作用。

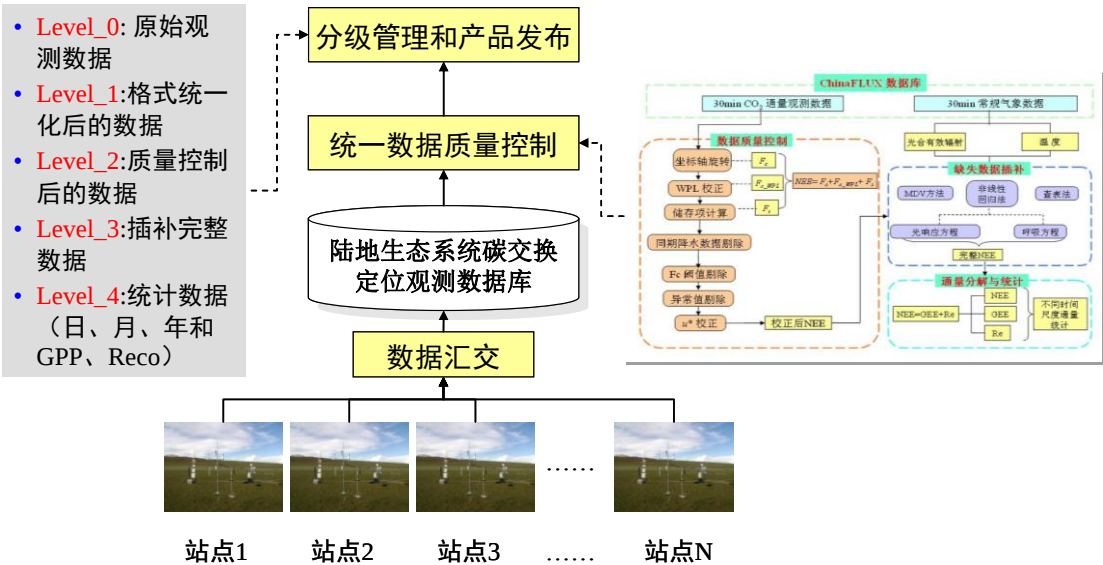


图 5. ChinaFLUX 数据质量控制、数据处理和分级保存流程

截至 2012 年底，ChinaFLUX 已经积累了不同区域典型生态系统的碳水通量及环境要素变化原始观测数据约 4 TG，获得了持续时间最长为 11 年（如千烟洲站、鼎湖山站和海北站等 8 个不同植被类型的观测台站）、36 个地带性生态系统、30 分钟分辨率、约 30 余个要素的观测数据集，成为全球亚洲季风区珍贵的数据资源，并为国家多个重大研究项目的开展提供了基础数据支持，以及为国内外多个研究团队的科学研究提供了比对分析和结果验证方面的数据共享服务。图 6 为利用 ChinaFLUX 观测数据对部分站点生态系统碳水平衡的评价结果。

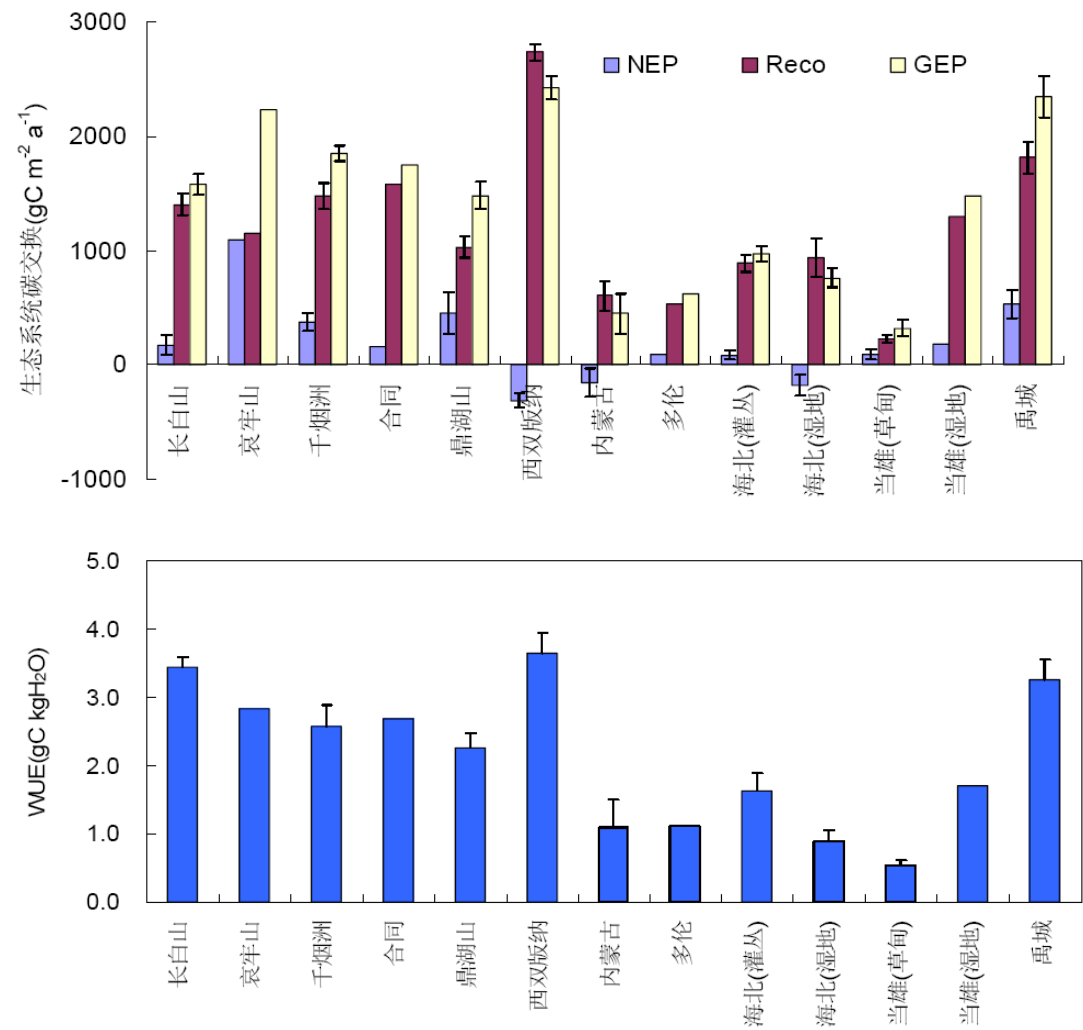


图 6. 基于 ChinaFLUX 观测数据的我国主要生态系统碳通量统计特征（上）和主要生态系统 WUE 统计特征（下）。

4. 本年度取得的突出研究进展

基于通量观测数据，围绕生态系统碳水循环过程及其环境响应、生态系统碳交换通量的时空分布格局开展了大量的研究工作，丰富了对陆地生态系统碳水过程及其控制机制的认识，并在典型生态系统碳水平衡、碳水交换的环境响应、老龄林碳汇和生态系统碳汇时空格局等方面取得重要发现和进展，丰富了对我国不同类型陆地生态系统固碳潜力和速率及其影响机制的认识。下面仅以部分台站的研究进展举例说明。

(1) 北方温带农田生态系统的碳平衡

利用栾城站生态系统通量观测数据，初步构建了我国北方太行山前平原冬小麦-玉米轮作农田生态系统的碳平衡模式，较为细致地刻画了生态系统碳交换的不同组分以及产量形成。从图中可以看出，该生态系统年总碳吸收速率为 1.84 tC hm^{-1} ，而其中的 77% 通过呼吸作用重新回到大气中（图 7）。

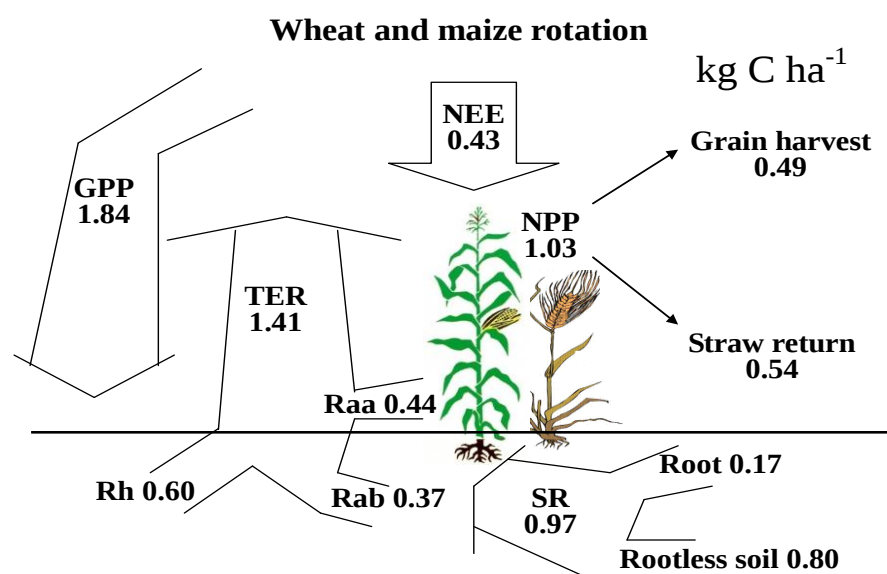


图 7. 栾城农田生态系统碳平衡模式

(2) ‘干旱’ 促进了亚热带常绿混交林和热带季雨林的碳吸收

湿季水、热、养分同期促进了森林快速生长，通常“被认为”是该区域森林固碳的主要季节。但是基于鼎湖山站的生态系统碳交换观测表明，在季节尺度上，亚热带常绿阔叶林吸存大气中的碳主要集中在干季。与此相似，西双版纳热

带季节雨林具有独特的 NEE 季节动态：9-3 月呈现碳汇效应，4-8 月则为碳源，与当地明显的干季（11-4 月）和雨季（5-10 月）的季节分布不对应。

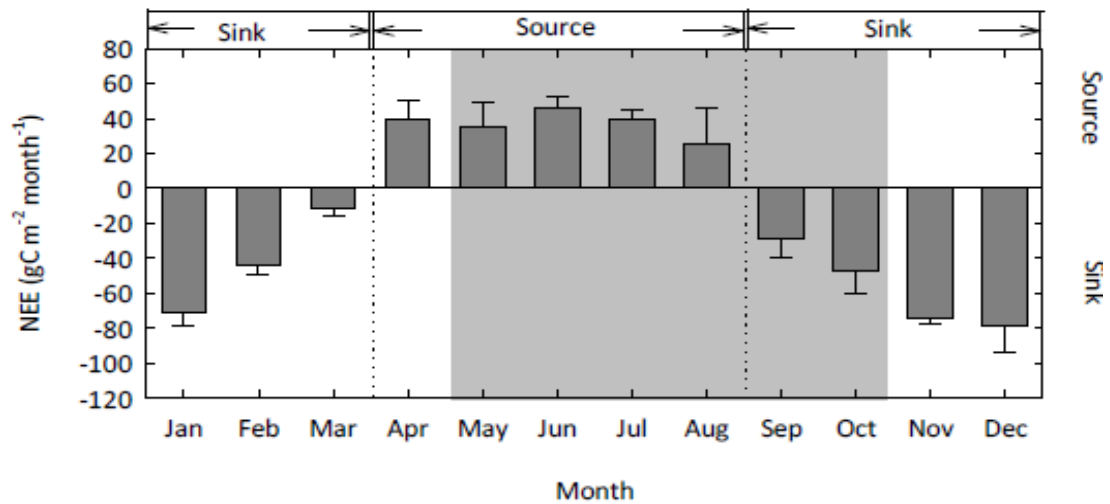


图 8. 西双版纳热带季节雨林生态系统碳交换的季节变化

在年际尺度上，偏旱年份吸存大气中的碳远高于湿润的年份。因此，干季是亚热带和热带常绿阔林碳汇的主要时期，并且降水偏少的年份更有利于亚热带和热带森林的碳积累。进一步的分析表明，NEP 随年降水增多而降低的原因在这两个生态系统之间存在明显差异：对于年降水量增加，亚热带森林 GPP 降低，而 ER 增加，导致 NEP 降低。而对于热带季节雨林，年降水量增加，热带森林 GPP 增加，而 ER 增加更多，导致 NEP 降低。

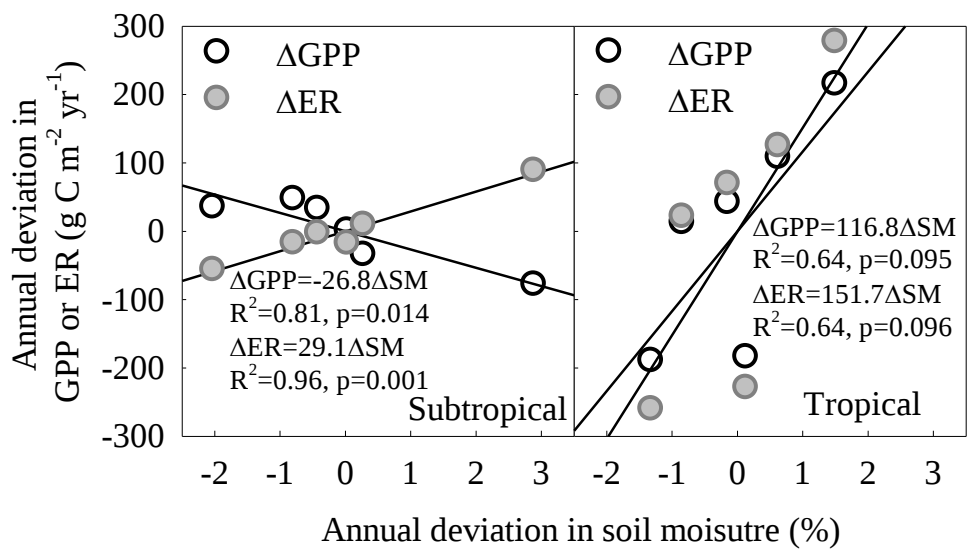


图 9. 鼎湖山亚热带常绿混交林（左）和西双版纳热带季雨林（右）生态系统碳交换对水分条件的差异响应

(3) ‘干旱’ 抑制了亚热带常绿人工针叶林的碳吸收

利用千烟洲亚热带常绿人工针叶林的长期观测数据，揭示了该地区夏季‘季节性干旱’对生态系统碳交换的影响。结果显示，季节性干旱期间，生态系统碳交换的各组分均明显降低；但是需要指出的是，在年尺度上，由于 GEP 和 Re 的降低幅度相似，季节性对于干旱生态系统 NEP 没有显著影响。

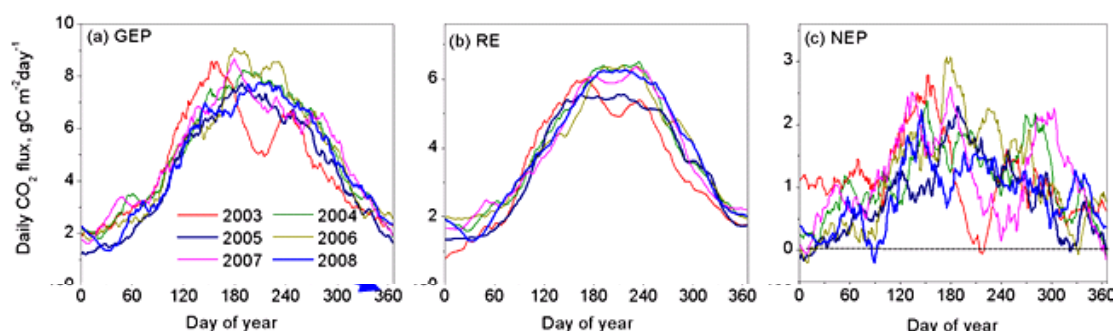


图 10. 季节性干旱对千烟洲亚热带常绿人工针叶林生态系统碳交换的影响

(4) 降水时间及季节分布对草地生态系统碳交换的影响

降水对草地生态系统的固碳具有重要的影响，而这种影响不仅体现在降水总量，更为重要的是降水的时间以及降水在季节之间的分配特征。利用内蒙站通量观测数据的对比研究表明，不论是退化恢复草地，还是长期围封草地，7月份的降水对其碳汇的形成具有重要意义，这个时期的降水不足将对生态系统的固碳能力产生较大影响。

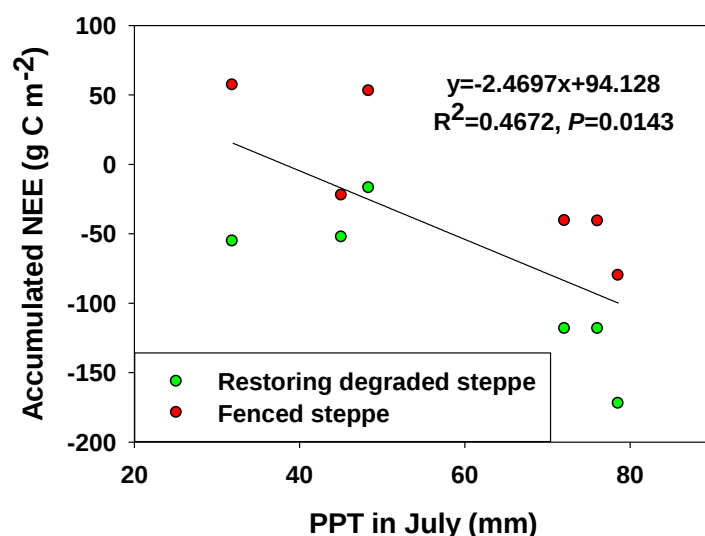


图 11. 每年7月份降水与内蒙站退化恢复草地和长期围封草地碳交换的相关分析

降水格局变化的一个重要方面是降水频率的变化，特别是短时间内集中降水（脉冲降水）事件的发生频率明显增多。脉冲式降水往往会导致生态系统或土壤在短时间内释放出大量的 CO_2 。内蒙站的研究表明，由降雨引起的土壤呼吸脉冲效应所释放的 CO_2 对草原生态系统的土壤呼吸碳释放量的贡献是不容忽视的，可达 25-30%。

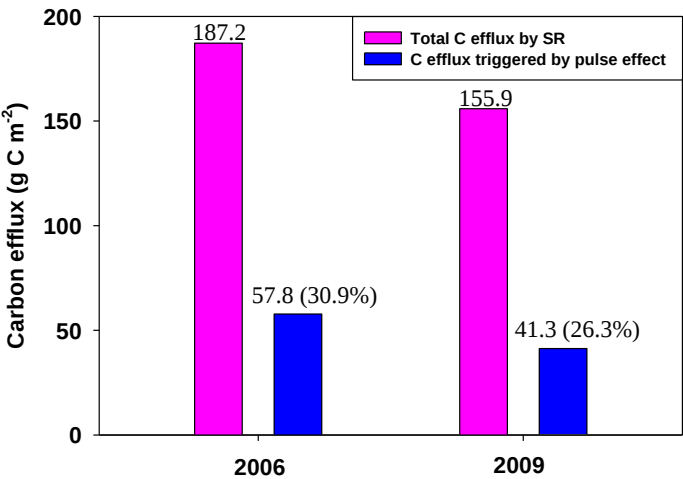


图 12. 脉冲降水对土壤呼吸的影响

(5) 春季低温对亚热带森林生态系统碳收支的影响

利用千烟洲亚热带常绿人工针叶林的长期观测数据的分析表明，2005、2008 的年初低温导致年初 EVI 显著低于其他年份同期，年初（1-3 月）植被指数 EVI 同全年净固碳量显著相关干旱影响的固碳水平下降常仅限于干旱期间，影响期限相对年初低温要短，而年初低温对固碳的影响超过了夏季干旱水分胁迫的影响。

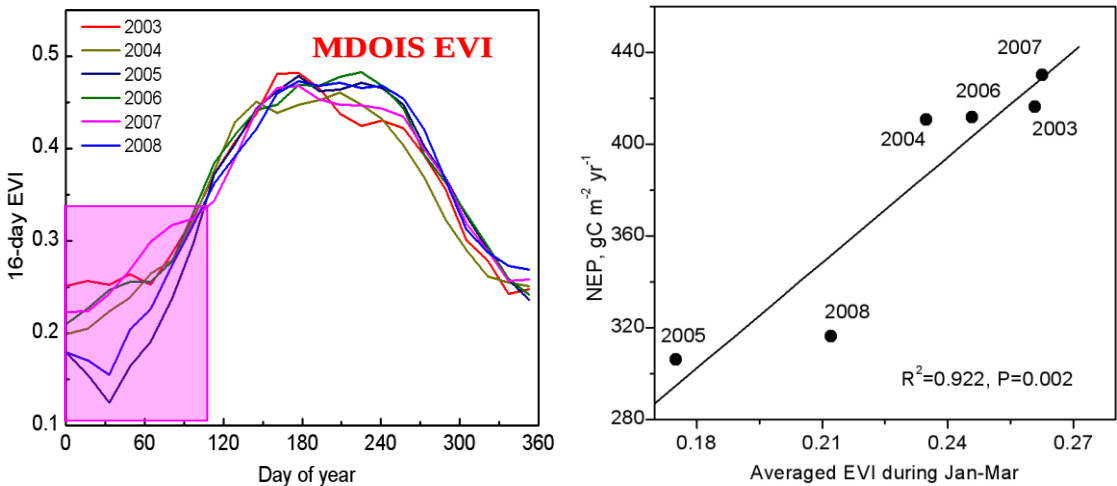


图 13. 春季低温对千烟洲亚热带常绿人工针叶林生态系统碳交换的影响

(6) 温度升高对亚热带常绿阔叶林土壤呼吸的影响

采用人工增温的方式，结合土壤动态箱测定技术，在哀牢山亚热带常绿阔叶林开展了增温对土壤呼吸影响的实验研究。图 13 表明，人工增温后，表层和 30cm 土壤温度均有明显升高，相应地，土壤呼吸增加明显。在实验初期，温度升高对土壤呼吸表现出显著的促进作用，但是这种促进作用还需要长期的观测分析。

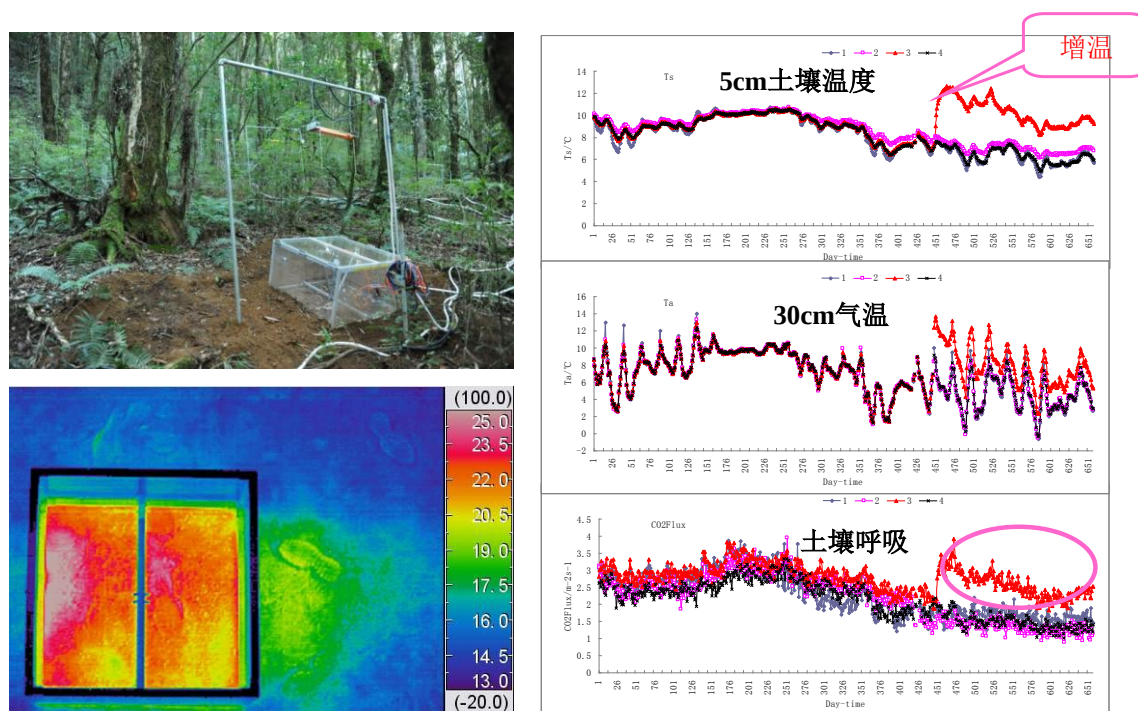


图 13. 温度升高对哀牢山站亚热带常绿阔叶林土壤呼吸的影响

(7) 老龄林的“碳汇功能”

基于 ChinaFLUX 的长期观测数据综合分析表明，我国天然老龄林仍然具有很强的碳吸收能力，在未来的应对气候变化区域碳管理中还将发挥重要作用。例如，基于 2003-2012 年的观测数据分析表明，长白山温带针阔混交林(林龄约 200 年)、鼎湖山南亚热带季风常绿林(林龄约 400 年)和哀牢山亚热带山地常绿阔叶林(林龄 300 年以上)的净生态系统生产力 (NEP) 分别为： 302.33 ± 38.37 、 395.95 ± 106.76 和 $976.15 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ (图 14)。

(8) 陆地生态系统碳通量空间格局生物地理学机制

整合分析中国区域 52 个观测站、亚洲和北半球 182 个观测站的通量数据，研究发现年平均温度和年降水量决定中国、亚洲及整个北半球的生态系统总初级

生产力（GPP）、生态系统呼吸（RE）和净生态系统生产力（NEP）的纬度地带性分布规律，重新论证了气候因素决定生态系统碳吸收和排放通量格局基本规律的科学认知（图 15 和图 16）。

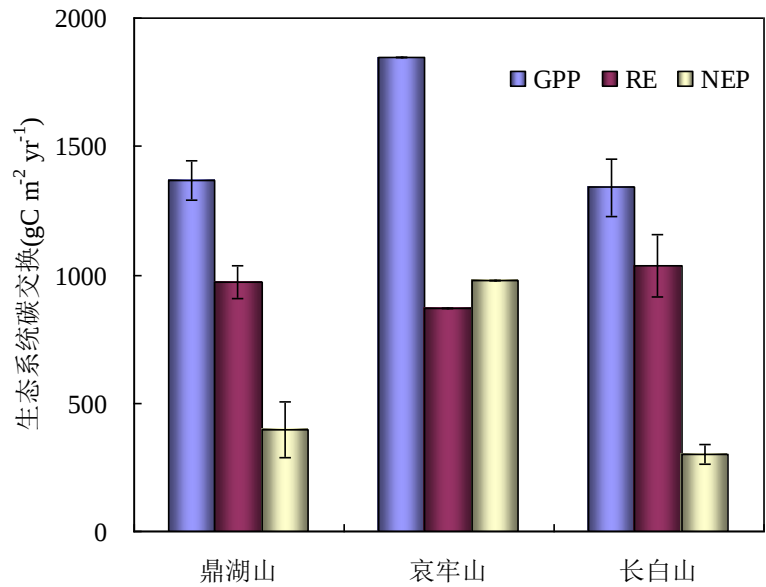


图 14. 中国典型区域天然老龄林的碳吸收强度

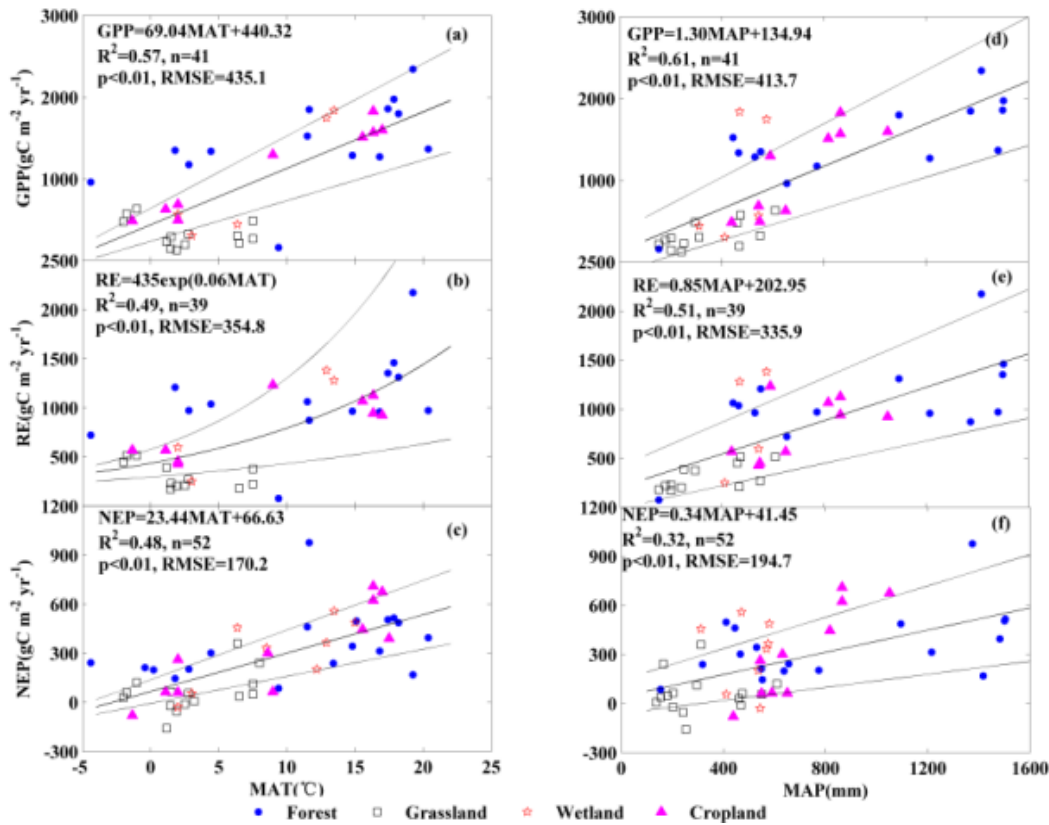


图 15. 温度和降水对中国区域陆地生态系统碳交换通量空间格局的制约作用

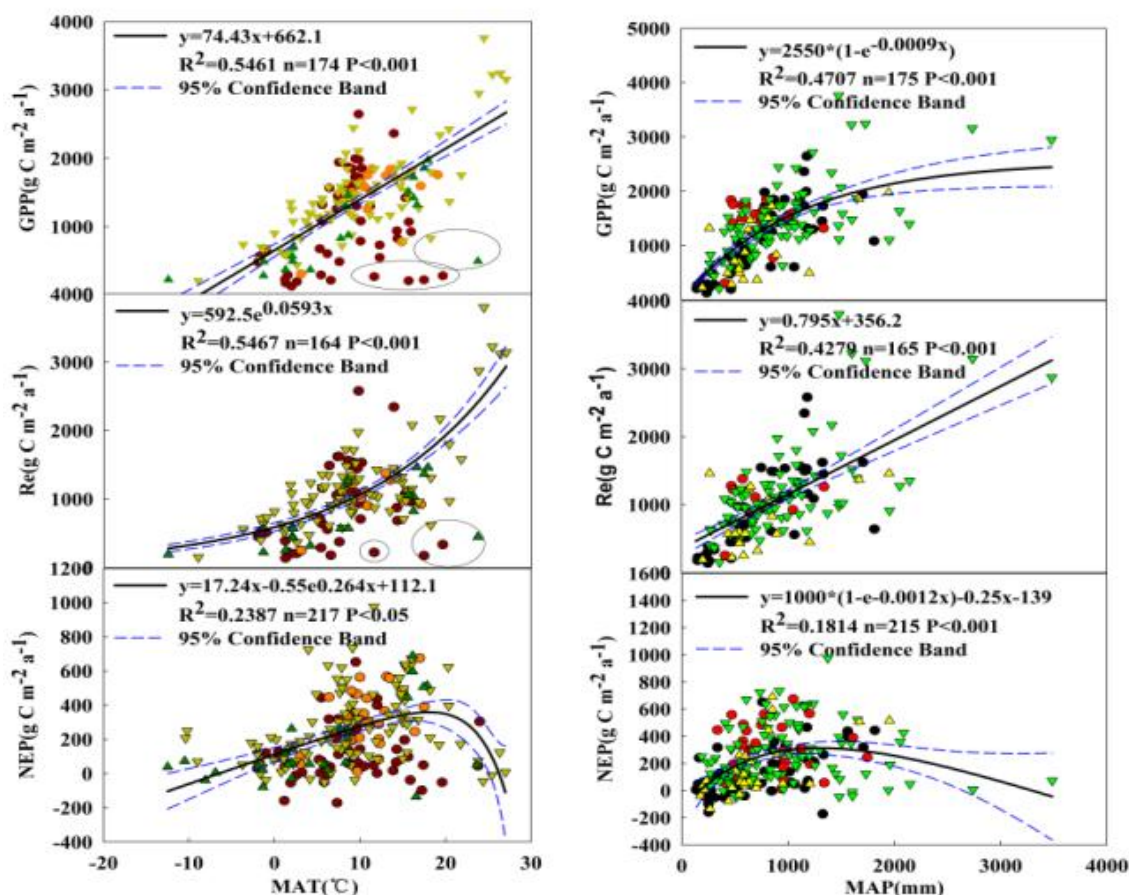


图 16. 温度和降水对北半球陆地生态系统碳交换通量空间格局的制约作用

5. 未来主要工作安排

(1) 专项协同观测的技术支持与服务

为更好地服务与基于 CERN 的生态系统通量专线协同观测的顺利开展，CERN 综合中心和 ChinaFLUX 办公室将进一步加强通量观测技术方面的支持和服务工作，扩展原 ChinaFLUX 技术服务小组，与各台站建立紧密联系，一方面，督促各台站加强对观测系统运行状态的巡检，并根据需要派出专业技术人员前往排查，协助解决台站观测系统出现的技术问题；另一方面，根据台站系统工作状态和条件，协助台站完成观测系统的标定。

(2) 学术研讨和技术培训

组织和举办学术研讨会和观测技术培训等活动，通过组织学术会议，交流台

站研究进展和科学发现，促进台站之间的相互交流。邀请国内外技术专家，开展通量观测技术方面的培训，特别是新技术的推广应用，提高台站观测能力和运行保障能力，为持续获取观测数据提供技术支撑。

(3) 数据整理、加工和共享服务

根据各台站的观测内容和数据信息，进一步完善 ChinaFLUX 数据质量控制和处理体系，完成各台站观测数据的汇交、质量控制、标准化处理和产品加工与入库等工作，形成基于 CERN 的通量专项协同观测数据集，服务于台站的科学需求和 CERN 的综合性研究。同时，通过与台站的沟通交流，尽快制定专项协同观测的数据共享政策，满足相关科学研究的数据需求，提高专项协同观测数据集的科学价值。

(4) 科学研究

继续围绕 CERN 和 ChinaFLUX 的科学目标，通过科学分析和综合研究，在揭示不同类型陆地生态系统碳水交换过程及其环境和生物学控制机制的基础上，进一步分析我国主要陆地生态系统碳水平衡时空空间格局的生态地理学形成机制。

报送：中国科学院科技促进发展局资源环境处

CERN 综合研究中心

ChinaFLUX 办公室

2013 年 8 月 15 日 印刷
