

陆地生态系统—大气过程 集成研究 科学计划与实施战略



气象出版社

GLOBAL
I G B P
CHANGE

陆地生态系统—大气过程集成研究 科学计划与实施战略

iLEAPS 科学指导委员会 编
曲建升 林 海 译

气象出版社

内容简介

本书是陆地生态系统—大气过程集成研究(iLEAPS)计划科学指导委员会组织编写、出版的《Integrated Land Ecosystem-Atmosphere Processes Study Science Plan and Implementation Strategy》一书的中译本。主要介绍了 iLEAPS 的科学目标、主要的科学问题及其实施战略等内容。本书有助于我国全球变化以及相关领域的研究人员了解 IGBP 第二阶段新设立的 iLEAPS 计划,并对我国开展陆地—大气界面过程研究有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

陆地生态系统—大气过程集成研究 科学计划与实施战略/曲建升,林海译.
—北京:气象出版社,2006.10
ISBN 7-5029-4209-2

I. 陆… II. 曲… III. 陆地-生态系统-研究 IV. P9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 126479 号

出版者:气象出版社

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:李太宇 章澄昌

封面设计:王广田

印刷者:中国电影出版社印刷厂

发行者:气象出版社发行 全国各地新华书店经销

开 本: 889×1194 1/16 印 张: 4.00 字 数: 100 千字

版 次: 2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1~1200

定 价: 20.00 元

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编: 100081

电 话: 总编室: 010-68407112 发行部: 010-62175925

终 审: 延晓冬

中译本翻译指导委员会成员

葛全胜	CNC-IGBP 副秘书长, CNC-IHDP 秘书长, 研究员
张志强	中国科学院国家科学图书馆兰州分馆 (中国科学院资源环境科学信息中心) 馆长, 研究员
延晓冬	中国科学院东亚区域气候-环境重点实验室主任, 研究员
周广胜	中国科学院植物研究所, 研究员
Meinrat O. Andreae	iLEAPS 科学指导委员会共同主席
Pavel Kabat	iLEAPS 科学指导委员会共同主席
Almut Arneth	iLEAPS 科学指导委员会成员
Anni Reissell	iLEAPS 国际项目办公室执行主任
Erik Huss	IGBP 秘书处科学编辑
Bill Young	IGBP 秘书处前科学编辑

iLEAPS 科学指导委员会成员(原著编写组)

Meinrat O. Andreae (iLEAPS 科学指导委员会共同主席, 德国)
Pavel Kabat (iLEAPS 科学指导委员会共同主席, 荷兰)
Almut Arneth(瑞典)
Paulo Artaxo(巴西)
Roni Avissar(美国)
Mary Anne Carroll(美国)
Torben Christensen(瑞典)
Paul Dirmeyer(美国)
John Finnigan(澳大利亚)
Laurens Ganzeveld(德国)
Sandra Harrison(英国)
Michael Keller(美国)
Markku Kulmala(芬兰)
Nathalie de Noblet-Ducoudré(法国)
Luanne Otter(南非)
Daniel Rosenfeld(以色列)
延晓冬(中国)
Kazuyuki Yagi(日本)
Anni Reissell(iLEAPS 国际项目办公室执行主任)

原著版权信息

IGBP 报告 54:iLEAPS (2005)科学规划和实施战略. 52pp.

IGBP 秘书处

Box 50005

E-104 05, Stockholm

SWEDEN

Ph: +46 8 166448

Fax: +46 8 166405

Web: www.igbp.net

iLEAPS 国际项目办公室

Department of Physical Sciences

Division of Atmospheric Sciences

P. O. Box 68

00014 University of Helsinki

Finland

Web: www.atm.helsinki.fi/ileaps

主 编: Meinrat O. Andreae, Pavel Kabat, Almut Arneth, Anni Reissell

丛书编辑: Bill Young

ISSN 0284-8105

Copyright © 2005

中译本序言

随着全球变化研究工作的不断深入和拓展,科学家们日益认识到地球环境是一个复杂的巨系统,原来各研究领域相互分离的研究格局已经不能满足全球环境变化研究的需要,跨学科、集成研究逐步进入全球变化研究组织者和科学家的视野。

应对这种研究需要,IGBP 确定了其第二阶段的研究对象,即地球系统的陆地、大气和海洋这三个重要组成部分及其界面,IGBP 也因此设立了相应的专门研究计划。陆地生态系统—大气过程集成研究计划(iLEAPS)即是 IGBP 针对陆地—大气界面而设立的一项新的科学研究计划。该计划成立于 2004 年 3 月,国际项目办公室(IPO)设立于芬兰赫尔辛基大学。

自 iLEAPS 成立伊始,中国科学家即参与了其筹备和《科学计划与实施战略》的编写工作。目前我国已经建立了 iLEAPS 中国联络处(iLEAPS-China),设立于中国科学院大气物理研究所。我们相信在陆地—大气界面过程科学研究以及推动 iLEAPS 发展方面,我国科学家将做出更大的贡献。

值此地球系统科学联盟(ESSP)开放科学大会在北京召开之际,我们将《iLEAPS 科学计划与实施战略》中译本作为一份献礼,以扩大国际全球环境变化研究的最新成果的传播范围。最重要的是,希望藉此增进我国全球变化研究工作者对 IGBP 跨学科集成研究思维和手段、iLEAPS 科学计划的研究内容及其实施战略的了解,把握国外同行研究工作的现状、进展和方向,以推动我国相关研究工作的进程。

IGBP 秘书处、iLEAPS 国际项目办公室、IGBP 中国全国委员会(CNC-IGBP)秘书处和中国科学院国家科学图书馆兰州分馆(中国科学院资源环境科学信息中心)以及葛全胜、张志强、延晓冬、周广胜、谢力、Anni Reissell、Erik Huss、Bill Young 等对本书的翻译出版工作给予了大量的指导,中国科协、CNC-IGBP 秘书处、中国科学院知识创新工程方向项目“生态环境与资源海洋创新基地战略研究与科学评价(KZCX2-YW-501)”和中国科学院“西部之光”项目提供了经费资助。设立于中国科学院国家科学图书馆兰州分馆的中国全球环境变化研究信息中心以及曲建升、林海、高峰、何晓波、李太宇、李明启等同志承担了具体的翻译和出版工作。向以上单位和个人表示衷心的感谢!本译著转引了原著中所引用的部分出版单位和研究者的图片、资料和数据,在此一并致谢!

由于译校者知识所限,本译著难免有纰漏、不当之处,请广大读者批评指正。

国际地圈生物圈计划中国全国委员会

2006 年 10 月

序

陆地生态系统—大气过程综合研究(iLEAPS)科学计划与实施战略确定了国际地圈生物圈计划中陆地—大气项目的科学目标和主要研究问题,同时也为说明主要研究问题列出了实施战略的大纲。

iLEAPS 的研究范畴囊括了从分子水平过程(例如植被中挥发性有机质的合成)到地球系统的科学问题以及气候和全球变化。iLEAPS 研究强调陆地—大气界面中众多过程之间的关系、反馈和遥相关。由于这些科学问题复杂、涉及科学领域众多,iLEAPS 对集成研究手段和合作尤其重视,这需要不同领域的科学家、实验和模拟工作者,还有国际性的研究项目和计划的积极参与。

致谢

《iLEAPS 科学计划与实施战略》最早在 iLEAPS 规划会议(巴黎,2002 年 10 月)以及 iLEAPS 开放科学大会(赫尔辛基,2003 年 9—10 月)上提出,iLEAPS 过渡小组(2003)以及科学指导委员会和国际项目办公室(2004—2005)对这一报告进行了修订。

iLEAPS 过渡小组成员包括:Meinrat O. Andreae(德国)、Pavel Kabat(荷兰)、Almut Arneth(瑞典)、Paulo Artaxo(巴西)、John Finnigan(澳大利亚)、Laurens Ganzeveld(德国)、Michael Keller(美国)、Markku Kulmala(芬兰)、Luanne Otter(南非)、Vinay K. Dadhwal(印度)、Pierre Friedlingstein(法国)、Roger A. Pielke Sr.(美国)、Andy Pitman(澳大利亚)、Jan Polcher(法国)和 Xubin Zeng(美国)。

以下人员参与了本报告的写作、审查和编辑:Nuria Altimir(iLEAPS 国际项目办公室)、Hanna Lappalainen(iLEAPS 国际项目办公室)、Rick Lawford(GEWEX 国际项目办公室)、Franz X. Meixner(德国)、Colin Prentice(美国)、Mary Scholes(南非)、Will Steffen(澳大利亚)、Tanja Suni(澳大利亚)、Bill Young(IGBP 秘书处)、Petter Kinnunen(协助制图,芬兰)、Glynn Gorick(封面美工,英国)。Meinrat O. Andreae 和 Pavel Kabat 作为 iLEAPS 科学指导委员会共同主席对本报告的出版做出了重要贡献。

2005 年 12 月

目 录

中译本序言

序

致 谢

执行概要 (1)

绪 论 (4)

科学专题 (8)

专题 1 陆地—大气间活性和长寿命化合物的交换：地球系统中关键的相互作用和反馈 (9)

子专题 1.1 二氧化碳 (10)

子专题 1.2 甲烷 (11)

子专题 1.3 挥发性有机化合物 (13)

子专题 1.4 氮氧化物 (14)

尺度问题 (15)

研究主题 (16)

专题 2 气候系统中陆地生物群系、气溶胶和大气成分之间的反馈 (17)

子专题 2.1 生物圈—气溶胶—云的相互作用 (18)

子专题 2.2 地气交换和大气的自净机制 (19)

研究主题 (21)

专题 3 陆面—植被—水—大气系统中的反馈和遥相关 (22)

子专题 3.1 水文—生物地球化学横向联系 (22)

子专题 3.2 区域问题 (23)

子专题 3.3 全球性问题 (24)

尺度问题 (26)

研究主题 (27)

专题 4 物质和能量在土壤/冠层/边界层系统内的输送：测量和模拟 (27)

子专题 4.1 湍流通量测量传感器的发展 (31)

子专题 4.2 通量塔斑块尺度测量 (31)

子专题 4.3 非守恒标量 (33)

子专题 4.4 边界层收支法 (33)

子专题 4.5 通量、大气成分的机载测量 (33)

子专题 4.6 遥感 (34)

尺度问题 (34)

研究主题	(34)
实施战略	(36)
观测、模拟战略和集成	(36)
观测与模拟的结合:尺度连接工具	(38)
相关科学活动的协作	(39)
组织结构	(40)
项目管理	(40)
活动	(41)
能力建设和知识传播	(42)
交流	(43)
参考文献	(44)
缩略词表	(54)

执行概要

地球环境是一个复合的系统,它包含了大量错综地联系在一起的各种过程。这一过程中的任何一个变化都可能从几秒到数百年的时间尺度、从分子到全球范围的空间尺度上反馈至同一过程以及其他各种不同的过程。地球气候系统包括陆地和海洋等环境。地表—大气界面在地球系统中通过控制能量、动量和物质的传输功能发挥重要的作用。

iLEAPS(陆地生态系统—大气过程集成研究)是国际地圈生物圈计划(IGBP)中关注陆地—大气相互作用的一项新的国际研究计划。iLEAPS的总体目标是:

加强对通过陆地和大气界面来传输转换能量和物质的物理、化学和生物过程是怎样相互作用的~~认识~~,特别强调的是从过去到未来、从局地到全球的尺度上的各种相互作用和反馈机制。

iLEAPS 针对陆地与大气界面的传输和转换过程在地球系统中的动力学的重要意义开展研究。这些重要的问题是:①在工业时代以前陆地—大气系统功能是怎样的? ②人类活动如何影响陆地—大气系统? ③在各种时间和空间尺度上陆地植被在多大程度上决定了它的物理和化学环境。

本科学计划和实施战略提出在未来 10 年内解答这些关键科学问题。这些科学问题首先从 4 个专题分别提出来,但是由于它们之间有着复杂并且相互交错的联系,因而不能将他们看作孤立的命题。整个科学问题将有助于不同的时间和空间尺度上的区域气候和全球气候的研究。

专题 1 陆地—大气间活性和长寿命化合物的交换:地球系统中关键的相互作用和反馈

陆地和大气间各种各样的物质交换过程紧密联系在一起,并对气候变化非常敏感,同时也会通过对流层内的化学和辐射通量反过来影响气候强迫。例如二氧化碳、甲烷和氧化亚氮以及活性挥发性有机物和氮氧化物等长寿命气态化合物都在碳和氮的地球化学循环中相互联系。特别有趣的是生产、传输、转换和沉降过程之间的相互作用。专题 1 跨越了生物学、物理学和化学等多门学科。

专题 2 气候系统中陆地生物群系、气溶胶和大气成分之间的反馈

专题 2 包括由于生物引起的和人为产生的气溶胶粒子与气候系统的相互作用以及生物和水文过程与控制大气圈自净机制中的大气反应的耦合。专题 2 特别重视热带,本专题研究自然和人为气溶胶的直接排放以及次生气溶胶粒子和云凝结核。这些研究将有助于理解气溶胶

粒子(包括尘埃、生物质烟霾和生物气溶胶)对辐射通量和云降水过程产生的直接和间接的影响。地表和大气间的交换过程在决定羟基这一左右大气中化合物化学移除率的主要氧化剂浓度方面是非常重要的。土地利用和土地覆盖变化直接或间接地影响到大气和陆地化学清除过程的氧化能力。因此,陆气交换以及混合和输送在调节化学转换方面具有很关键的作用。同时气相化学方面的变化也影响气溶胶的形成和生长过程。

专题 3 陆面—植被—水—大气系统中的反馈和遥相关

为了考察不同化合物交换量和陆地—大气相互作用对这些通量的控制,必须对小到溪流、大到大陆盆地尺度的水文和生物地球化学循环进行研究。高纬度地区生态系统特别重要,因为该地区现在和未来气候的快速变化对大气中甲烷和二氧化碳浓度存在潜在的强烈反馈。人类作用影响所产生的景观变化导致了热量、湿度和能量在空间上重新分配的巨大变化。在这个专题里也会讨论到在气候系统里的多平衡态、阈值和突变。

专题 4 物质和能量在土壤/冠层/边界层系统内的输送:测量和模拟

专题 4 的目标在于描述研究专题 1~3 中提到的各种过程、相互作用和反馈的测量结果。由于众多过程间相互作用的复杂性,测量结果和模拟工作要明确地联结在一起。测量方法包括地表通量测量、边界层收支、机载测量及遥感技术。测量和模拟的集成包括多项研究,譬如说如何衡量从局地观测值所估计的尺度转换以及对完全耦合的各种陆气模式的敏感性研究。

研究专题 1~3 高度重视对于生物圈和大气圈的耦合十分关键的过程。这些活动的时间跨度可以从几秒到几十年,空间跨度从分子到全球。其中涉及到各种复杂的反馈机制,所以孤立地研究单个过程是不能够充分说明问题的。专题 1 和专题 2 包含这些联系复杂性的例子。在水循环和植物体内的碳化合物和氮化合物(CO_2 、 CH_4 、 NO_x 、 VOC)交换之间的紧密耦合先在专题 1 中讨论。接下来在专题 2 中讨论了气溶胶通过影响云和降水调节水循环的作用。对复杂过程的认识和预测依赖于测量值和模拟。由于已经在专题 1~3 中陈述了过程的性质,所以在接下来的专题 4 中模拟和测量值就明确地连接在一起了。

为了能集中观测并且选择代表性的外场实验点,iLEAPS 实施战略包括战略性模拟试验和多参数敏感性研究。研究任务可能要根据地理边界选择以讨论区域问题,或者根据共同环境因子选择以讨论关键的科学不确定性,也可根据陆气系统中的关键过程和现象选择任务来扩展 iLEAPS 的研究。iLEAPS 将与其他相关计划,包括 IGAC、SOLAS、GLP 和 GEWEX 建立密切的联系。

能力建设和知识传播是 iLEAPS 的主要组成部分。知识传播包括跨学科的培训,能力建设和大学生扩展领域(最初的接触和地区的介入、现场训练、后续的专题讨论会、数据库)以及相互之间的交流。iLEAPS 成果发表在 IGBP 通讯和其他各种国际期刊上。会议以及大型区域集成计划的宣传页、网站、通讯和新闻发布会是交流和扩展的一部分。iLEAPS 也鼓励与社

团和政策相关的扩展领域活动同区域集成计划的结合。

iLEAPS 运行的方式包括为阐明具体的 iLEAPS 科学问题而设立的过程研究网络、野外活动、模拟(工具研发、评估和对比)、长期的集成的外场实验、国际跨学科的实验、集成研究、数据库以及专题科学问题的研讨会和综合性会议。

iLEAPS 研究经科学指导委员会(SSC)核准,所举行的各种活动也将会由位于芬兰的赫尔辛基大学的国际项目办公室(IPO)协调。这个科学计划和实施战略还包括提交科学研究建议的指南。

绪 论

在 IGBP 的框架下,过去 10 年的全球变化研究使全世界对地球科学的认识发生了根本性的变化。现在已经很清楚的是全球变化——人类活动对环境的影响——涉及到了地球系统的所有组成部分:海洋、大气、岩石圈和生物圈。此外,现在人们很清楚的是这些影响不能被看作是孤立的,地球系统各部分之间的相互作用和反馈扮演着强有力的和基本的角色(Steffen et al., 2004)。

全球气候和大气中生物微量气体(二氧化碳和甲烷)之间紧密结合的例证在超过 400 000 年的南极冰芯记录中非常明显(图 1)。这些近似同步的变化引出了有关原因和结果的问题:是生物温室气体的波动驱动气候变化,还是外部强迫气候变化,从而改变了这些气体的排放?目前的意见认为这不是一个简单的问题,也许是生物群及其地球物理和地球化学环境协同作用所造成的复杂反馈。

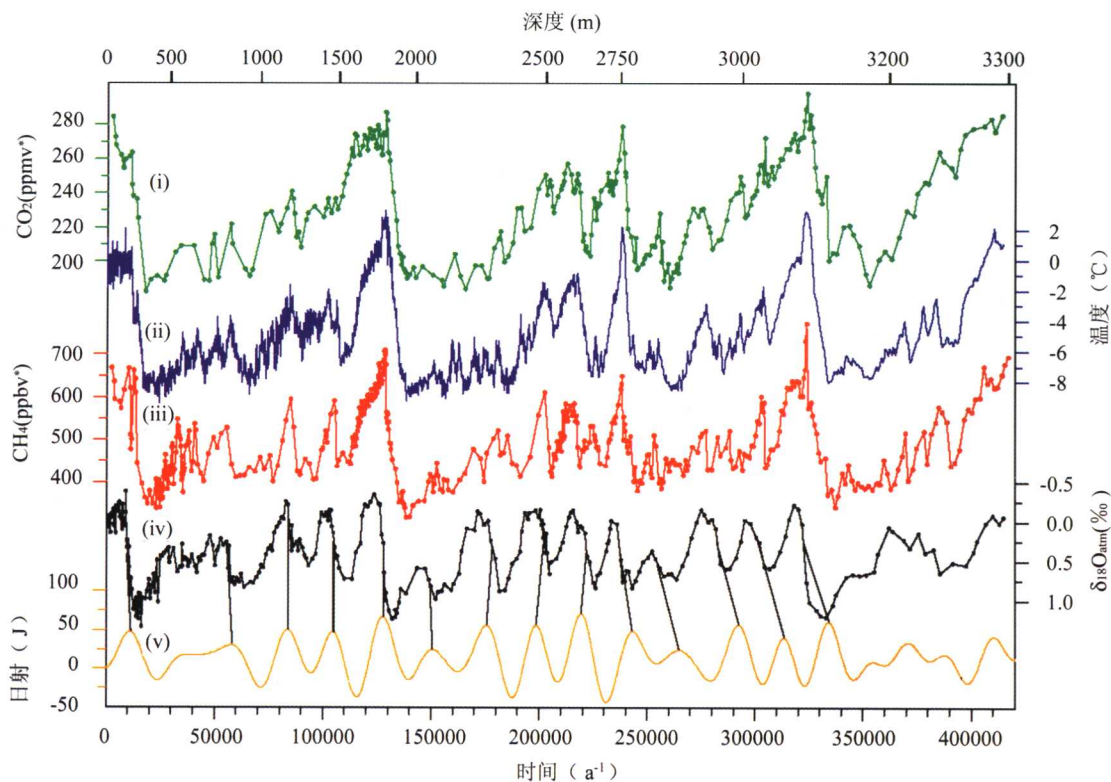


图 1 Vostok 数据组和距今时间(底轴)、冰芯深度(顶轴)

(i) CO_2 ; (ii) 大气同位素温度; (iii) CH_4 ; (iv) $\delta^{18}\text{O}_{\text{atm}}$; (v) 6 月中旬在 65°N 的日射 ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) (Petit et al., 1999)

这就意味着地球气候系统是由无生命世界的和有生命的世界——生物圈——共同决定的。地表—大气界面对地球系统的机能是至关重要的,这是因为生物地球化学过程和水文

* $1 \text{ ppbv} = 10^{-9}$; $1 \text{ ppmv} = 10^{-6}$

过程以及能量和动量通量要经过这一界面。同时,不论自然的还是人为的原因,如化学物质的传输及沉降等大气过程和气候变率是生物地球化学循环的一个关键因素。例如,通过生理学和生产力相关反馈,所有空间和时间尺度上碳吸收的年际变化受到气候变化的强烈影响。这也是 IGBP 中全球变化和陆地生态系统的计划(GCTE)的主要成果(Walker et al., 1999)。大气中气体和气溶胶的沉降有时作为肥料有时作为毒性物质,也强烈地影响着生态系统的功能。从 IGBP 水循环的生物学方面(BAHC)得到的经验是,土地利用和土地覆盖变化强烈影响着地表和大气之间的水及能量的交换,使得它们成了气候系统中重要的组成部分(Kabat et al., 2004)。因此,人类活动引起的土地覆盖变化很可能导致区域气候和全球气候的变化。反过来,气候变化又在各种时间和空间尺度上影响着陆地生态系统,甚至在某种程度上干扰像亚马孙流域(Cox et al., 2000)或泰加林(北方针叶林)等较大区域。

因此,作为复合系统的地球,它的一个基本特性就是它们对变化的反应是高度非线性的或者以突发的方式。在最初的强迫下,这些系统可能具有较好的缓冲(well-buffered),但一旦突破临界值,系统就可能突变为另一种状态。这里有一个有力的证据表明地球系统倾向于突然变化:极地臭氧空洞或者末次冰河时代的气候振荡(“Dansgaard-Oeschger”事件)(Ganopolski and Rahmstorf, 2001)。人类导致的全球变化将地球系统推入了一种史无前例的状态——气候以及其他环境状况与近 50 万年的情况不同,由于潜在有害的后果,导致不可预测的变化可能性在增加(Steffen et al., 2004b,c)。所以,探索并量化地球系统相互作用极端重要。

有关地球系统新的、较为全面的观点需要新的科学方法和有创新的理念与技术手段。单个的地球系统成分、性质和过程——譬如大气的组成和环流模式,仍然需要研究,但是应该作为系统中的一个整体的组成部分来研究,这样就可以认识到它们之间的相互作用和反馈。此外,在全球变化时代,必须把人类因素考虑为地球系统的一部分。IGBP 已经对这一挑战作出回应,建立了基于地球系统的主要的生物物理组分(陆地、大气和海洋)的科学框架,并且通过它们的相互作用和反馈项目作为补充(图 2)。

iLEAPS 在 IGBP 框架内专注于陆地—大气相互作用和反馈。iLEAPS 目的在于认识相互作用的物理、化学以及生物过程是怎样通过陆地—大气界面传输并转变能量和物质的。iLEAPS 科学研究目标一直强调对科学认识所必需的重要问题,以及前期研究已经提出的对相互作用、反馈以及遥相关起到显著作用的区域。选择的问题和区域也代表着地球系统中一些关键的“开关”或“阀门”,这些局地的和区域性的变化应该对整个地球系统具有最强烈的影响力(图 3)。后面的例子说明了一些关键的区域和问题。



图 2 IGBP 科学框架

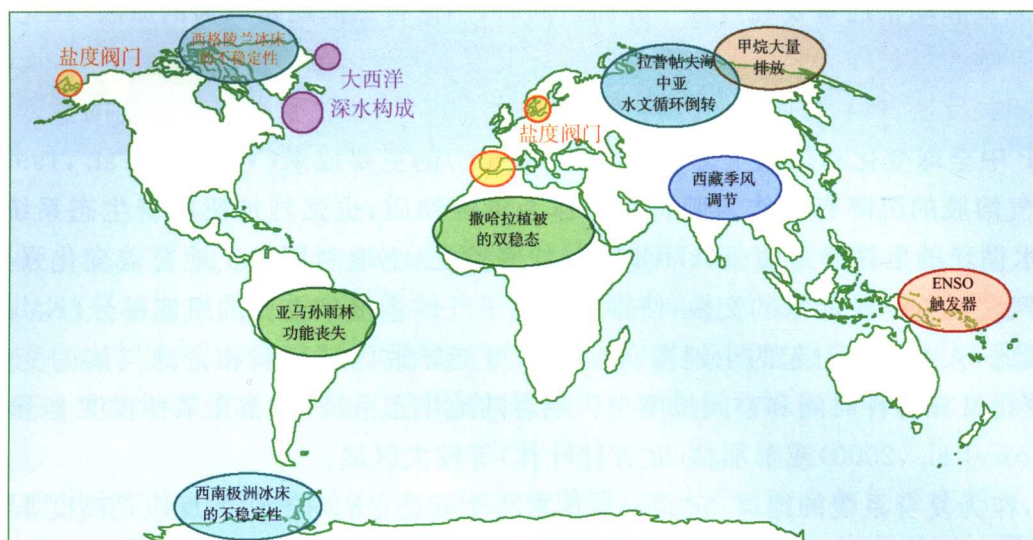


图3 预计对地球系统有强烈影响的关键区域(Schellnhuber, 2002)

一系列相互作用的例证是土地利用变化(砍伐森林)和大气污染物的排放——特别是工业、生物质燃烧所产生的气溶胶,它们共同作用剧烈地扰动着热带地区的大气。因为热带是驱动大尺度大气环流的“热力发动机”,热带地区的云以及降水过程的扰动预计会影响全球气候动力过程。主要产生于地表的人为排放气溶胶及其前体物能够影响云的性质,从而影响降水的强度和降水区域以及大气中污染物的垂直再分布(Andreae et al., 2004)。这些影响通过作用于陆地水循环反馈地表,最终影响水的可利用程度、农业生产力和源自陆地生态系统的微量气体排放。

IGAC 第一个 10 年的主要发现之一就是认识到大天气气溶胶现在超出了热带地区是认识了解过去及未来气候变化的关键(Brasseur et al., 2003)。气溶胶强迫的复杂性和它们的反馈正变得越来越明显。把所有复杂的气候效应考虑在内的情况下,气溶胶强迫与温室气体强迫可能属于同一数量级,但作用相反(Anderson et al., 2003; IPCC, 2001)。这就揭示了所观测到的上世纪温度变化(全球约增 0.7°C)是可能的,它是由很小的净全球强迫所驱动的,并意味着它具有较高的气候敏感度,即随着人类产生的辐射强迫作用增强会使得温度的幅度上升加大(Andreae et al., 2005)。这种温度上升很可能引起对 21 世纪气候系统发展趋势的担心。随着工业化国家和发展中国家因各种疾病而导致死亡率的增加,人们现在知道气溶胶对健康具有十分严重的影响(Pope et al.)。正是因为这个原因在可预见的将来,气溶胶的排放可望有所降低。气溶胶的降低、温室气体排放的增加、由于气候和地面覆盖的变化导致的源于生物圈的碳通量增长以及由于生态系统和北极积雪覆盖的变化引起的地面反射率改变等综合作用,引起了人们对未来 10 年气候突然剧烈变化危险的极大关注。

活性碳及氮的化合物陆面通量的改变,水文、土地利用变化和植被动态变化的耦合,不仅可以明显地影响气候系统,而且会影响大气圈的化学功能。IGAC 的一个重要发现就是生物活动和大气成分有着密切的关系。自然生态系统一直在与原始大气密切的相互作用中发展,并且大气自净机制(从大气中清除自然和人为排放产物)正与这些排放处在同一个紧密的反馈

链中。正如专题 2 所叙述的,陆面交换的变化可能会以深刻的方式、在较大区域范围内影响这种自净机制。

目前,最剧烈的气候变化发生在北极和北半球北部区域(ACIA,2005)。过去 10 年这一区域的大部分地区温度和降水迅速增高,河水径流增加、积雪和冰川消融加快。后果是植被带可能发生移动,火灾发生频率和强度都在增加,极有可能直接对人类社会造成明显的影响。因此这一区域就成为一个对自然气候、生态系统、水和碳循环以及人类社会进行研究的理想的自然实验室。

BAHC 已经表明陆地生态系统是陆面和大气之间水分能量交换基本的起决定因素的部分。GCTE 高度关注生态系统、大气 CO_2 和气候之间的相互作用。iLEAPS 将以高层次的集成把这些过程整合在一起。

iLEAPS 作为一个界面计划将会在 IGBP 科学构架下与有关的陆地和大气项目紧密合作,如,全球土地计划(GLP)和国际全球大气化学计划(IGAC)。然而,从集成的地球系统观点看,iLEAPS 着眼于地球系统的动力学和人类在地球系统中的作用。因此 iLEAPS 最终是更全面地集成,而这一集成研究将通过 IGBP 计划中的地球系统分析、集成与模拟计划(AIMES)和国际科学理事会(ICSU)的四项全球变化计划的组成的地球系统科学联盟(ESSP)的区域集成研究(IRS)活动来完成。iLEAPS 也会与世界气候研究计划(WCRP),特别是其中的全球能量和水循环试验(GEWEX)计划、全球陆地/大气系统研究(GLASS)以及全球大气边界层研究(GABLS)密切互动。另外还要与上层海洋—低层大气研究计划(SOLAS)、过去全球变化研究计划(PAGES)、全球排放清单活动(GEIA)、全球碳计划(GCP)和全球水系统计划(GWSP)紧密相连。

本科学计划描述了 iLEAPS 的关键科学问题。问题分为下面这 4 个专题,但这并不意味着它们彼此独立。能量分配、化学成分的排放、陆地生物群系的碳吸收,所有这些都以不同的方式在不同的时间和空间尺度上对区域和全球气候产生影响。共同的研究思路是考察(过去)原始环境以及沿环境扰动梯度(包括极端事件的作用)中的各个过程。大多数情况下,研究应该基于外场实验、过程和个例研究、卫星观测以及模拟。观测方法和理论基础的创新是极为重要的。

科学专题

iLEAPS 研究涉及以下 4 个问题：

(1) 相互作用的物理、化学和生物过程怎样通过陆地—大气系统传输并转变能量、动量和物质？

(2) 地球系统动力学的作用是什么？

(3) 在工业时代之前状态下的陆地—生态/大气系统是怎样运行的？人类活动如何影响？

(4) 陆地植被在多大程度上决定着自身不同时间和空间尺度的物理和化学环境？

解答这些问题的研究工作可分为以下 4 项专题(图 4)：

专题 1: 陆地—大气间活性和长寿命化合物的交换：地球系统中关键的相互作用和反馈。

专题 2: 气候系统中陆地生物群系、气溶胶和大气成分之间的反馈。

专题 3: 陆面—植被—水—大气系统中的反馈和遥相关。

专题 4: 物质和能量在土壤/冠层/边界层系统内的输送：测量和模拟。

后面的章节将说明这 4 个专题，这包括对陆地—大气系统中有关关键过程和要涉及的特殊问题的简短回顾。



图 4 iLEAPS 科学专题横跨了从分子层次到全球尺度的集成测量和模拟