

全球变化研究系列文集

国际全球变化研究 核心计划(一)

主编 陈泮勤 孙成权



气象出版社

序

随着人类社会的发展,人类对地球环境的影响已步入了全球环境的时代。当前,人类还面临着一系列重大而紧迫的全球环境问题。如温室气体增加与全球增暖,植被破坏与生物灭绝,土地退化,淡水资源短缺等。从科学的角度看,这些紧迫的全球环境问题,涉及地球各部分的相互作用,涉及到发生在地球系统中的物理过程、生物过程和化学过程的相互作用,涉及到人类赖以生存的地球的可居住性问题。认识并预言地球环境的变化,是当今科学家面临的严重挑战。

为此,国际科学联合会理事会(ICSU)于1986年组织了以全球变化研究为核心的国际地圈生物圈计划(IGBP)。该计划共包括七个核心研究计划和两个技术支撑计划,即:国际全球大气化学计划(IGAC),全球海洋通量联合研究计划(JGOFS),过去的全球变化计划(PAGES),全球变化与陆地生态系统(GCTE),水循环的生物学方面(BAHC),海岸带陆海相互作用(LOICZ),全球分析、解释和建模(GAIM),以及数据信息系统(DIS)和全球变化的分析、研究和培训系统(START)。

该计划的主要科学目标是:描述和了解控制整个地球系统的关键的、相互作用的物理、化学和生物学过程;描述和了解支持生命的独特环境;描述和了解出现在地球系统中、由人类活动诱发的重大全球变化和影响方式。其应用目标是:增强对未来几十年至百年重大全球变化的预测能力,为国家一级和全球的资源管理和环境战略决策服务。

全球变化的研究涉及到地球科学,宏观生物学,天体科学和遥感技术科学等众多的学科领域,具有高度综合和交叉学科研究的特点,代表了当今世界科学的发展趋势,吸引了全世界众多的科学团体和科学家的积极参与。它的实施必将促进基础学科与应用基础学科的相互渗透和横向联合,推动科学的发展。

中国是全球环境的一个组成部分,中国的生存环境的变化必然受全球环境变化的制约;反过来,全球环境变化又是区域环境变化的综合体。中国的环境变化又将影响到全球环境的变化。因此,积极参与全球变化的研究,认识并了解过去近万年来,特别是近千年来,在全球变化的背景下中国经历了并正在发生着什么样的重大变化,不仅对我国的经济发展和“四化”建设有着十分重大的意义,也是对全球变化研究和世界科学发展的重要贡献。

我国从80年代初就参与了IGBP计划的酝酿组织和实施的全过程,不少科学家对IGBP的形成和发展作出了重要贡献。目前,在我国已形成了若干以全球变化研究为内容的重大项目,分别列入了国家“攀登计划”,攻关计划,国家自然科学基金重大项目和各部委重大项目。当前正值计划的实施初期,为了使更多的科学家广泛卷入全球变化的研究,全面了解IGBP计划,推动这一重大领域的进展,IGBP中国委员会秘书处编译了由IGBP秘书处出版的IGBP核心计划译文集,分二集出版:第一集包括IGAC、JGOFS、PAGES和START三个核心计划和一个支撑计划;第二集包括其余的四个核心计划和一个支撑计划,将于明年出版。

由于时间仓促,译文跨越的学科面大,误译之处在所难免,敬请读者不吝赐教,以利改进我们的工作。

陈泮勤

一九九二年九月二十日

目 录

序

国际全球大气化学研究计划 (IGAC)	(1)
---------------------------	-----

1. IGAC 计划概要
2. 全球大气的变化和 IGAC 的目标
3. IGAC 计划内容
4. IGAC 的结构、运行方式及其与 IGBP 和其它国际科学组织的关系

全球海洋通量联合研究计划 (JGOFS)	(24)
----------------------------	------

1. 科学问题
2. JGOFS 的目标和科学战略
3. 生物地球化学省的确定
4. 过程研究
5. 遥感
6. 大空间—时间尺度调查
7. 模拟研究
8. 海底过程与沉积记录
9. 数据管理
10. 进一步研究的计划

过去的全球变化 (PAGES) 计划: 研究活动的实施计划	(67)
-------------------------------------	------

1. 实施计划简介
2. 实施计划的总体概述
3. 研究活动的实施计划
4. PANASH——初始试验性计划

全球变化的分析、研究和培训系统 (START)	(100)
-------------------------------	-------

序言

1. 引言
2. START 的起始阶段
3. 区域的选择
4. 执行战略
5. 结 论

附录

1. IGBP 报告一览表	(116)
2. IGBP 常用缩略语	(120)

编后记

国际全球大气化学研究计划 (IGAC)

——IGBP 核心计划

Ian E. Galbally 主编

(国际气象学和大气物理学协会 大气化学和全球污染委员会)

1 IGAC 计划概要

- 1.1 海洋大气的自然变化和人为扰动
- 1.2 热带大气化学的自然变化和人为扰动
- 1.3 极区在大气化学组成变化中的作用
- 1.4 北半球中高纬度地区在大气化学组成变化中的作用
- 1.5 全球分布、转化、变化趋势和数值模拟
- 1.6 国际支撑系统

2 全球大气的变化和 IGAC 的目标

- 2.1 IGAC 的目标
- 2.2 IGAC 的区域研究重点
- 2.3 全球分布、转化、变化趋势与数值模拟
- 2.4 国际支撑活动
- 2.5 IGAC 的年度计划

3 IGAC 计划研究内容

- 3.1 海洋大气的自然变化和人为扰动
- 3.2 热带大气化学的自然变化和人为扰动
- 3.3 极区在大气化学组成变化中的作用
- 3.4 北半球中高纬度地区在大气化学组成变化中的作用
- 3.5 全球分布、转化、变化趋势和数值模拟
- 3.6 国际支撑活动

4 IGAC 的结构、运行方式及其与 IGBP 和其它国际科学组织的关系

附录:

1. IGAC 的历史
2. 1988 年 11 月 7—11 日澳大利亚 Dookie 会议与会者名单 (略)
3. 1988 年 11 月 7—11 日澳大利亚 Dookie 会议上报告的基础材料目录
4. 大气化学和全球污染委员会名单 (略)
5. IGAC 指导委员会名单 (略)
6. IGAC 研究课题的协调委员会及召集人名单 (略)

1 IGAC 计划概要

地球大气是一个复杂的、不断变化的化学体系，它与海洋、固体地球、特别是生物圈有着千丝万缕的化学联系。观测证明，许多痕量气体的浓度正在发生全球尺度的变化，其变化速率足以引起地球大气的化学和辐射特性的明显变化。我们今天面临的机遇和任务是定量地认识决定大气化学组成的化学、物理和生物过程，并利用这种知识来解释地球大气过去和未来的演变。

国际全球大气化学研究计划（简称为 IGAC）是在国际社会对全球大气的快速化学变化及其对人类的潜在威胁的关注日益增长的条件下应运而生的。本计划在强调大气组成和大气化学的同时，特别注意到地球大气、海洋、陆地和生物圈是一个相互作用的有机整体，它们共同决定着全球环境及其对外界扰动的敏感性。国际地圈—生物圈计划（IGBP）是一项范围很广的多学科国际合作计划，它几乎涉及了大气、海洋、陆地和生物圈构成的体系的所有重要方面。IGAC 意在成为 IGBP 的重要组成部分，它将不仅注重大气化学研究，还将特别注意大气化学与生物圈和人类活动之间的联系。

IGAC 的总目标是观测、认识全球大气化学现在的变化，预测其下世纪的变化，特别是那些影响大气的氧化能力、影响气候以及影响大气化学与生物圈相互作用的变化。这一目标是很宏伟的，而且涉及到好几个紧迫的环境问题，包括降水酸度增加、平流层臭氧减少，微量气体增加引起的温室效应增强以及氧化力增加引起的生物变化。

在许多情况下，IGAC 将以已有的国家级研究计划为基础，但 IGAC 并不想取代这些计划。IGAC 意在提供国际合作机会使那些需要大量人力和高新技术、地理跨度较大或需要大量资金（超出一个国家承担能力）的科学计划得以实现。

国际气象学和大气物理学协会（IAMAP）的大气化学和全球污染委员会于 1988 年 11 月在奥地利召开了一次由来自 13 个国家的 50 多名科学家参加的研讨会来讨论制定未来 10 年 IGAC 的执行计划。

IGAC 包括六个重点研究领域，其细节将在下面介绍。每一个重点研究领域都包括了一些需要国际合作才能完成的重大全球大气化学问题。它们是一些当前不确定性很大的和具有重要意义的问题。这些重点可能还不完全，我们预期在计划执行过程中可能不断有新的重点研究领域增加进来。

现在提出的六个重点研究领域是：

1.1 海洋大气的自然变化和人为扰动

海洋覆盖了地球表面的 70%，它是许多重要大气成分的源和汇。在海洋大气中，来自陆地的一些化学成分在没有新的人为干扰的条件下发生变化。因此，海洋大气是研究化学转化过程细节的理想场所，本领域将包括三个课题来研究海洋大气环境及大陆上的排放对它的扰动。这三个课题是：

- (1) 北大西洋区域研究；
- (2) 海洋气体排放，大气化学和气候；

(3) 东亚—北太平洋区域研究。

1.2 热带大气化学的自然变化和人为扰动

热带大陆地区在全球大气的化学及大气的氧化能力中起着重要作用。热带雨林和热带大草原向大气排放大量的气体和颗粒物，而且许多热带地区正经历快速的土地利用变化，本领域包括四个研究课题来研究热带大气及人为活动引起的变化。这四个课题是：

- (1) 热带地区生物圈和大气的微量气体交换；
- (2) 重要微量气体的沉积；
- (3) 热带生物体燃烧对全球大气的冲击；
- (4) 热带大气中的化学转化过程及其与生物圈的相互作用。

1.3 极区在大气化学组成变化中的作用

北极和南极地区在大气化学中扮演着重要角色。这包括人为污染物的长距离输送、大气和冰雪表面之间的微量气体交换、在极昼和极夜季节的大气化学以及冰中大气成分的浓度和贮量。极区对人为排放特别敏感（例如，卤素碳化物分解产物对臭氧的破坏和烟尘粒子引起的地表反照率变化）。因为温室气体增加引起的全球变暖预期在冬半年高纬度地区更明显，所以极区具有特别重要的意义。本领域包括两个研究课题，它们是：

- (1) 极区大气化学；
- (2) 极区气—雪实验。

1.4 北半球中高纬度地区在大气化学组成变化中的作用

认识北半球中高纬度地区大气和生态系统之间微量气体循环，对于评价气候变化对这些循环的响应以及这些地区气体排放通量对气候的影响具有特别重要的意义。这是因为，这一地区预计将经历较大的气候变化冲击并且也包括了对气候变化很敏感的主要碳贮库，本领域现在只设置一个课题，即北半球湿地研究。

1.5 全球分布、转化、变化趋势和数值模拟

大气组成在全球范围的地区差异以及其短期和长期的变化反映了所有大气过程（包括排放、化学转化、输送和清除过程）的总体效果。在化学过程和辐射过程中起重要作用的微量气体的全球分布和变化趋势不仅能反映大气的变化还能反映一些基本过程的变化。IGAC 设置四个课题来研究这一重要的全球综合研究领域，这包括地面观测网，飞机调查、实验研究及有关的理论和模式研究。这四个课题是：

- (1) 全球对流层臭氧观测网；
- (2) 全球大气化学普查；
- (3) 对云的特性起决定性作用的云凝结核的化学物理演化；
- (4) 编制全球排放明细表。

1.6 国际支撑系统

IGAC 的科学计划的成功执行需要一个有效的支撑体系。IGAC 提出了三项支撑活动，它

们是：

- (1) 大气化学和全球变化的教育；
- (2) 通讯联络 (IGAC 通讯)；
- (3) 相互标定和相互比较。

IGAC 的上述六个重点研究领域具有三个重要的共同点来把提出的研究课题串起来，这里需要把这些共同点强调一下。它们是：

(1) 理论和数值模拟。这方面的主要希望是发展全球化学输送模式。我们打算与世界气候研究计划一起来发展这一模式。

(2) 基础分子特性 (包括吸收截面，反应速率常数以及均相和异相反应机制) 的实验室测定。

(3) 新仪器研制，主要是快速反应自由基和许多浓度极低的化学成分的量测仪器和研制。

IGAC 的执行将在一个委员会指导下进行，该委员会的联系人及地址将在附录中给出。IGAC 的每一个课题将有一个科学协调委员会负责课题的规划和实施。由于 IGAC 涉及到许多紧急问题，我们建议所有课题都立即开始执行。其中有些课题应着手制定行动计划细节，有些课题则更为成熟，应立即开始实质性研究。

IGAC 课题范围工作的资金将大部分来自各个国家计划，但我们也将在那里没有这方面研究资金的国家寻求新的资助机制。

2 全球大气的变化和 IGAC 的目标

地球大气是一个有生命力的自然宝库。直到最近几年，除了一些局地变化外，地球大气似乎还没有被人类活动影响。但是，在过去几十年里，我们越来越清楚地看到，世界范围的人类活动急剧增长已对大范围大陆地区大气甚至全球大气产生了明显冲击。人类通过工业和农业生产活动把数百万吨化学物质倾泻到大气中。这些化学物质在大气中发生化学变化，化学反应的产物又从大气输送到地表。这种输送的速率之大，化学反应产物的毒性之高已使大气、植被、陆地和海洋感到难以承受。

就全球的平均情况而言，许多关键化学物质的含量已大大超过了它们在大气中的自然本底水平。其中特别重要的是二氧化碳 (CO_2)，甲烷 (CH_4) 和氧化氮 (N_2O)。与此同时，人工合成的化合物 (如氯氟碳化合物，简记为 CFCs) 也在大气中累积并造成平流层臭氧层的人为破坏。现在，平流层大气中的臭氧浓度正在减少。而且，这些变化的尺度并不小。由极地冰核中吸附的空气所得到的可靠资料告诉我们，现有大气中 CO_2 ， CH_4 和 N_2O 的浓度在地球过去至少 16 万年的历史上是前所未有的。继续增长的趋势将使这些大气成分的浓度达到更高的未知的高度。另外，也有证据表明，人类活动已对基本营养元素 (如碳、氮和硫) 的全球循环产生了明显扰动。

在小于全球范围的尺度 (但仍是很大的区域) 上，存在一些更显著的变化。空气污染物 (如臭氧及煤和石油燃烧产生的硫化物及氮氧化物) 正在影响许多地区，使那里空气质量下降；在那里形成光化学烟雾和酸雨；毁坏那里的农作物和其它植物，并对土壤，森林和湖泊产生不利的影响。

科学家已经知道大气中某些化学物质的重要作用以及气候和臭氧层的维持机理。我们已

经知道,数量很少的化学物质所起的重要作用远远超过了其微小数量所应有的作用。痕量气体如 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、 O_3 和 CFCs 都是非常有效的温室气体,它们改变了我们的行星的能量收支,从而改变了其气候。类似的、极少量的化学物质就能破坏使我们免受太阳辐射之害的臭氧层。

上述这些现在发生的大气变化的性质及其速度应当引起重视。加速环境科学的研究是非常重要的,我们现在已经认识到,对这些问题的多学科全面研究具有深远的意义。为了正确认识地球的各个子系统之间的内在联系以及大气自身中发生的复杂过程,需要植物生理学家、海洋化学家、微生物学家、云物理学家、边界层动力学家、气象学家、海洋学家以及光化学家等各种领域专家的通力合作。这一研究的一个基本目标是观测和定量化现在正在发生的变化。另一个基本目标是尽快提高我们的认识水平以便能对未来变化作出预测,使我们能够限制和避免环境破坏或在将来使之恢复。有了这种预测能力,我们便有可能合理地管理和利用资源与环境,给日益增长的人类保留一个可以生存的环境。

现在有一些国家已经进行了一些研究全球大气化学的国家级项目。但是,这项研究的范围和本质要求我们尽快制定一项国际合作计划。没有哪一个国家或团体可以单独承担如此繁重的任务,即提供足够数量的专家,提供全部先进的测量仪器,遥感探测技术和遥感探测平台。

IGAC 是在世界各国对已观测到的和预期的全球大气的化学变化及其对人类社会的可能冲击的关注与日俱增的情况下应运而生的。另外,大气化学在由大气、海洋、陆地和生物圈构成的,决定着全球环境及其对外来扰动的敏感性的更大的整体地球系统中也起着非常重要的作用,因此,IGAC 意欲成为由国际科联(ICSU)组织的研究地球系统的国际地圈生物圈计划(IGBP)的重要组成部分。

目前的研究将集中在对流层大气化学科学研究的规划,在平流层研究中已存在一个重要的基础,即中层大气研究计划(MAP)。关于高层大气化学的新的研究正计划作为“中层大气对人为扰动的响应研究计划”(MARC)的一部分。MARC 是由国际气象和大气物理协会与国际超高层大气物理和地磁协会共同发起的。我们要强调指出,把大气化学分成对流层大气化学和高层大气化学两部分是人为的,IGAC 指导委员会将与 MARC 计划合作并且仔细研究 MARC 计划,以保证涉及到低层和高层大气之间化学和动力学相互作用的重要研究领域得到足够的重视。IGAC 的目标着眼于整个大气,IGAC 指导委员会的目的是制定一个包括目前这一文件和相应的 MARC 计划的总体计划。

2.1 IGAC 的目标

IGAC 的目标是:

- (1) 推进对决定大气化学成分的基本化学过程的认识;
- (2) 认识大气化学组成与生物过程和气候过程之间的关系;
- (3) 预测自然外力和人为活动对大气化学组成的影响;
- (4) 为保护生物圈和气候提供必要的知识。

这些目标涉及到对生物圈造成压力的几种人为影响的认识,这包括:

- (1) 降水酸度增加;
- (2) 表面层大气中氧化物浓度增加;

- (3) 温室效应气体浓度增加引起的气候变暖;
- (4) 由土地利用变化和气候变化引起的生物圈交换通量的变化。

为了达到上述目标, 基本研究计划应在下列几方面进行观测和研究:

- (1) 全球分布和长期变化趋势;
- (2) 地表交换过程;
- (3) 气相化学反应;
- (4) 多相过程。

为了推进对现在变化的认识和预测未来变化, 还需要研究能模拟对流层化学系统及其与海洋和陆地系统相互作用的区域模式和全球模式。

2.2 IGAC 的区域研究重点

地球上不同地区的土壤、植被、动物、和气候特点差别很大, 因而各地排放微量气体的速率, 排放的微量气体的种类, 光化学活性和化学清除速率也有很大差别。基于这一原因以及生活后勤方面的考虑, 我们认为把 IGAC 的研究活动集中在一些对大气化学有特别重要意义的地区是合适的。对于每一个地区, 研究课题是依据该地区的特点及其对人为扰动的敏感性设计的。这些地区是:

(1) 海洋大气

海洋覆盖了地球表面的 70%, 是许多大气成分的源和汇。海洋大气的化学组成与大陆大气不同, 因而其中的氧化过程和转化速率也不同。同时, 在海洋大气中来自大陆的化学成分在一种没有新的人为干扰的环境中发生转化从而简化了各种转化过程的研究。

(2) 热带大气

热带大陆地区在全球大气化学中起着重要作用。许多气体和粒子的大量排放与热带雨林和热带大草原有关。在人口急剧增长的压力下, 许多热带地区正经历急剧的土地利用变化。这些地区在对大气辐射和大气化学有重要意义的许多痕量气体的全球收支中举足轻重。

(3) 极区

北极和南极地区在大气化学中起重要作用。这包括极昼和极夜的季节循环、海洋对痕量气体的吸收、极冰中大气成分的浓度和贮量、以及对人为排放的敏感性(例如, 卤素碳化物的分解产物对臭氧的破坏及烟尘粒子沉积对地表反照率的影响)。这些地区的重要性还表现在生态和气候方面。

(4) 北半球中高纬度地区

这些地区是重要的碳贮库, 它们一方面将经历比低纬度区高的气候变化, 又对气候变化特别敏感。因此, 正确认识这一地区大气和生态系统间的微量气体循环对于评价全球变暖对化学循环过程的冲击具有特别重要的意义。我们特别需要了解象 CH_4 这样的气体的排放通量将如何随着全球变暖而增加, 需要了解这是否会对全球变暖构成正反馈机制。

上面的四个区域重点将由一个全球范围的项目联结起来并加以延伸, 这个项目是“全球分布、转化、变化趋势和数值模拟”。

2.3 全球分布、转化、变化趋势和数值模拟

大气化学组成的区域差别以及长期和短期波动是各种大气过程(包括排放、输送、转化

和清除)共同作用的总体结果。对辐射和化学过程有重要意义的痕量气体的全球分布和变化趋势不仅是全球变化的重要信号,也是控制它们的各种重要过程的信号。

最后,对国际合作所需要的重要支撑活动方面有要求由一个附加项目来完成,这就是国际支撑活动。

2.4 国际支撑活动

这些活动包括通过相互标定和相互比较建立一系列测量的国际标准以及关于大气化学和有关课题的国际教育和通讯联系。

IGAC 的上述六个重点领域将集中解决目前不确定性较大的和特别重要的一些问题。这些项目可能并不全面,我们预期随着时间推移将不断有新项目加进来。上述研究领域各自都有自己特定的科学目标,都确定了一个或几个课题来实现每一个目标。下面章节中讨论的每一个课题都将分几个阶段进行,并将按其成熟程度分类。

这里提出的与上述重点研究领域有关的研究大都建立在已有的国家级项目的基础上,IGAC 并不想取代这些国家级项目,而是要提供一些策略使得那些需要大量人力、技术,地理跨度较大而且需要的经费数量超过一个国家的承担能力的科学任务得以完成。

IGAC 提出的一些特定研究课题具有许多共同点,需要在这里强调指出。首先,理论和数值模拟是 IGAC 的每个重点研究领域的联结点。IGAC 的成功进行必须要有一个整体模式体系来保证。在课题计划阶段,理论和数值模拟的重要性在于它能帮助决定需要观测的项目、观测地点、空间分辨率及观测频率。为了由全球的观测资料获取有关排放率、转化率和损失率的更准确的定量信息需要进一步发展用诊断模式和反演方法对化学资料进行综合和分析的技巧。在表面交换、平流层和对流层之间的交换、气相化学和光化学反应机制、云和降水化学、液—气—固态相互作用以及气溶胶物理等领域都需要有可靠的理论和好的数值模拟。在这方面的主要任务是发展全球化学输送模式。这一任务需要有准确的动力学模式,因而将由世界气候研究计划与 IGAC 合作完成。这一合作将对两个计划都有利。一方面,IGAC 的化学模拟将依赖于世界气候研究计划的大气环流模式的进展;另一方面,IGAC 的大气示踪物质测量将为大气环流模式预测的大气环流提供一个重要的检验手段。

IGAC 的许多研究工作的第二个共同点是基本分子特性(包括吸收截面、反应速率常数以及均相和异相反应机制)的实验室测定。这一研究将成为仪器设计、资料分析和新化学理论发展等项工作的联系纽带。

第三个共同点是新仪器研制,其主要任务是快速反应自由基(如 OH 等)和大量低浓度(浓度有时低到 10^{-12})无机和有机化合物以及关键气溶胶特性的准确测量,为了提供这些关键大气成分的局地 and 全球测量资料,IGAC 需要野外实测技术和遥感探测技术。

2.5 IGAC 的年度计划

尽管计划中所叙述的目标和研究重点都是一些紧急问题,但有些研究课题在执行之前可能需要先进行仪器研制、国际协调和进一步的仔细规划。因此,我们把 IGAC 的研究课题分为三种类型:

(1) 正在进行的。指已经开始的(如正在进行的一些研究的延续)或可以马上开始的那

些课题。这些课题都成立了一个由积极参与这一课题的科学家组成的协调委员会并指定了召集人。已经有了执行课题所需要的人力、技术和资金以及一个行动时间表。

(2) 正在筹划的。指那些重要而且可能的但因缺少完全确定的国际协议和(或)缺少资金和(或)一个协调委员会,或没有制定出时间表而需要进一步仔细规划的课题。这些课题一般将在2~3年内达到运行阶段。

(3) 意向性的。指那些重要的、但由于这样那样的原因其可行性尚需进一步论证的课题。这些课题都将成立一个协调委员会,其首要任务将是证明建议的工作在技术上和科学上的可行性从而使课题达到计划阶段或运行阶段。这一阶段完结后协调委员会成员可根据需要而变更以保证协调委员会能包括积极参与课题执行的科学家。

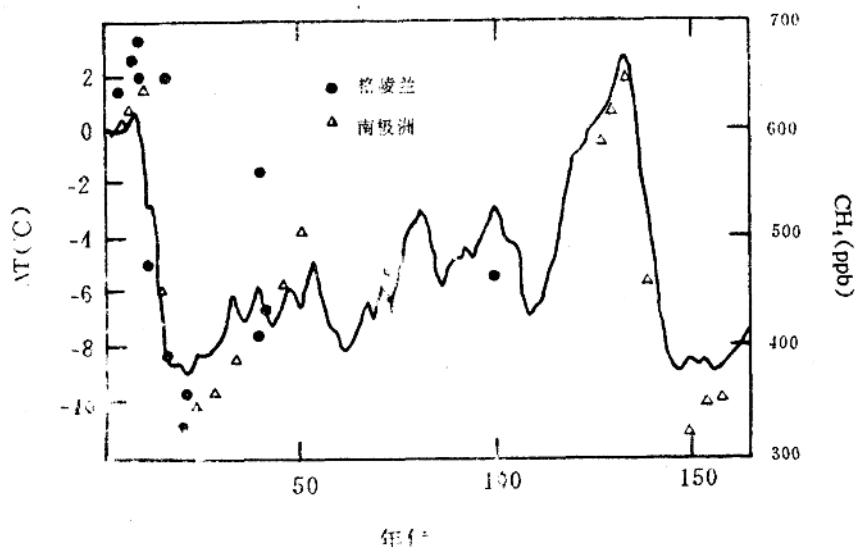


图1 由冰岩芯获得的甲烷浓度随年代的变化

浓度单位是体积混合比十亿分之一,年代是以当代为零往前数,单位千年。黑点是格陵兰冰岩芯资料,三角是南极冰岩芯资料,实线是由同位素测量推断的温度差。资料表明,在最后一次冰期末到其后的间冰期之间(即16万年前到12万年前)甲烷浓度由约320ppb增加到了约620ppb。这表明当冰川后退冰盖土壤变暖和暴露时会有较多的甲烷产生。资料还表明,当代甲烷浓度及其增加速率是空前的,至少是在过去16万年未曾见过的。

3 IGAC 计划研究内容

3.1 海洋大气的自然变化和人为扰动

为了对全球大气化学有正确的认识必须注意到这样一个事实,即地表的大约70%是海洋环境。海洋是许多大气微量成分的源或汇。海洋和大气之间的气态硫化物、碳化合物和氮化合物的动态交换调节着大气的氧化能力、云的特性和气候的变化。大陆上自然和人为过程产生的许多大气成分也可通过长距离大气输送而对海洋大气的化学产生重大影响。这些物质在洋面上沉积可增加海水中的营养成分(氮、磷和其它必要的微量元素)或污染物从而影响海水环境。因此,对海洋大气的研究是很重要的,这一项目的目标是:

- (1) 评价大陆上人为排放和自然过程产生的微量成分对海洋大气的影响；
- (2) 确定海洋的气体排在海洋大气的化学过程、云过程和气候变化中的作用；
- (3) 评价大陆上输送来的物质在洋面上沉积对海洋化学和海洋生物系统的影响。

为了达到上述目标，计划开展以下研究课题：

- (1) 北大西洋的区域性研究（进行阶段）

北大西洋周围的工业化地区是地球大气中影响其氧化能力的成分的主要源地。在北大西洋地区，污染成分从沿海大陆源地排放，输送到没有污染源的大洋上，并在那里发生化学变化。这样一个源区完全确定和一个无污染源的广阔大气环境为研究污染物在海洋大气中的化学转化机制、污染物在大气中的存留时间和输送过程提供了良好的条件。在这一课题中将研究光化学活性物质及其反应产物在大气中的长距离输送及这种输送对北半球大气质量的影响。研究这类大气成分在洋面上的沉积速率和沉积量以及这种沉积对表层海水和海洋生物的影响。

通过这一课题的研究将使我们认识大陆上排放的物质在海洋上空输送所发生的变化；大陆排放的污染物质对大西洋大气的氧化能力的影响；污染物在洋面上的沉积过程及其对海洋水体的影响。

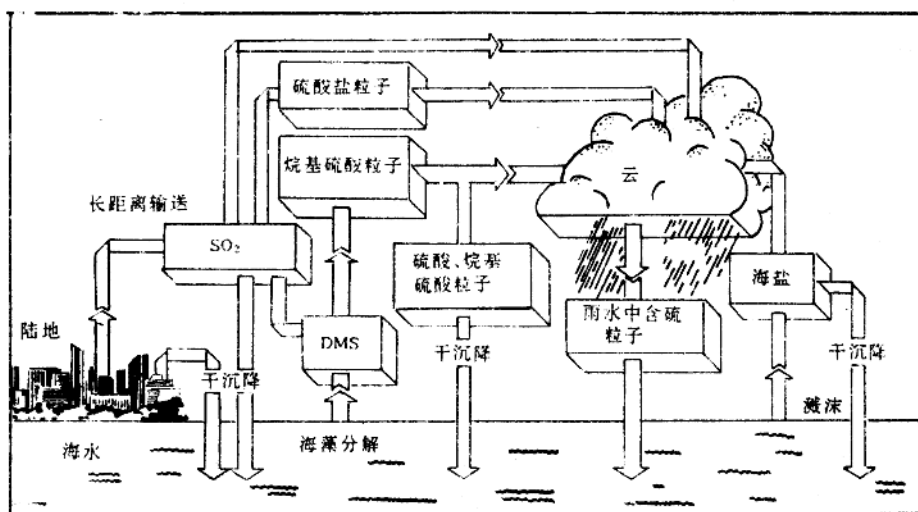


图2 南大洋地区的大气硫循环

循环过程包括了由海藻形成云的过程。海藻分解产生二甲基硫，这将改变海洋向大气的物质排放。二甲基硫在大气中转化成硫酸和烷基硫酸粒子，这些含硫粒子为云的形成提供了凝结核。

- (2) 海洋—大气之间气溶胶和微量气体的交换，大气化学和气候（计划阶段）

海洋排放多种气体，包括还原态硫化物、碳氢化合物、卤代有机物和氮化合物。同时，海洋又是大气气溶胶的重要来源。海洋排放气体和气溶胶与海洋生物过程、海洋化学和大气状态有关；另一方面，向海洋的沉积又是许多大气成分的重要汇，沉积速率也将在很大程度上影响大气的化学组成。而且，大气成分的沉积又是海洋生物所需要的养分的重要来源。大气成分沉积影响海洋生物，海洋生物反过来影响海洋向大气的物质排放，这就构成了很复杂的连锁体系。为了深入认识海洋—大气交换对全球大气化学和气候的影响，在此课题中将开展

下列研究：

①认识开阔洋面与大气之间微量气体和气溶胶的交换过程和机制，包括控制交换速率的、化学的、物理的和生物的过程；

②认识海—气交换过程的规律，以求在全球尺度大气化学模式和气候模式中能够定量地写进海—气交换过程；

③把海—气交换的实验结果推广到不易进行实验的海区。

(3) 东亚和北太平洋区域研究（计划阶段）

东亚地区包括中国、日本和朝鲜。这一地区的特点是人口密度大，人为排放正在高速增长。

东亚地区的人为排放可能已经影响了太平洋大气的化学成分。例如通过东亚地区的高压大气系统中的臭氧浓度比太平洋中部大气中要高得多；在夏威夷经常观测到大陆输送来的气溶胶。

在东亚地区尚未对大气化学进行系统的研究，而这一地区的污染物组成与大西洋地区有很大不同。因此，在东亚和北太平洋地区开展大气化学区域性研究十分必要。需要立即开展的研究内容是：

①评价大气污染物在东亚陆地上和北太平洋海面上的输送和化学转化过程；

②确定污染物及其化学反应产物在东亚陆地上及北太平洋海面上的沉积速率。

3.2 热带大气化学的自然变化和人为扰动

世界生物体净产量的大约 50% 出自热带森林和热带大草原。热带雨林和草原地区的植物生长和有机质腐败以及大量的生物体燃烧向大气排放大量的气体和颗粒物。这种排放被对流运动输送到自由对流层大气中再输送到世界其它地区。

热带地区土地的利用正在发生巨大的变化，有些地区正在加速工业化。随着这些地区的人口持续增长和工业发展，热带环境将受到越来越严重的影响并引起各种热带生态系统的生物地球化学循环发生很大的变化。没有对热带地区的生物—大气系统的化学和物理状态的深刻认识便不可能正确认识全球气候的变化。因此，IGAC 决定对热带地区开展下列五个方面的研究以求认识热带大气化学的现在状态以及现在的人为扰动和未来发展趋势：

(1) 热带地区生物圈—气圈微量气体交换（进行阶段）

热带地区的生物排放对全球大气的 NO_x ， CH_4 ， N_2O ， CO ，和 NMHC 有重要影响。这些成分对大气化学和气候都有重要作用。这一课题的研究内容在国际地圈—生物圈计划中占有重要的地位。国际环境问题科学委员会也组织了“陆地生态系统与大气的微量气体交换”研究课题，其任务是评价控制微量气体交换的生物过程方面已有的知识和测量技术现状；发展描述不同时间尺度和空间尺度的气体交换过程的概念模型。在 IGAC 中的这一研究课题将集中进行微量气体排放的测量和模式开发，其主要研究内容是：

①确定不同类型热带生态系统与大气之间化学成分的交流通量；

②确定控制这些交流通量的因子；

③发展预测土地利用的变化和气候变化对这些排放通量的影响的能力。

(2) 重要微量气体的沉积过程（计划阶段）

在生物地球化学循环过程中有重要意义的微量成分向地球表面的沉积过程是这些微量成

分在大气中的浓度和寿命的重要控制因子。由于这种沉积过程的作用，植物体内的营养成分和有毒成分将在生物圈内重新分布。因此，要定量地认识微量成分的生物地球化学循环过程，必须仔细研究它们的干、湿沉降过程。这在热带地区尤为重要，因为这些地区对全球大气化学有重要意义，而过去的观测研究又很少。

这一课题的主要研究内容是：

- ①确定在生物地球化学循环过程中有重要意义的微量成分从大气向地表沉降的速率；
- ②识别控制沉降通量的物理、化学和生物因子。

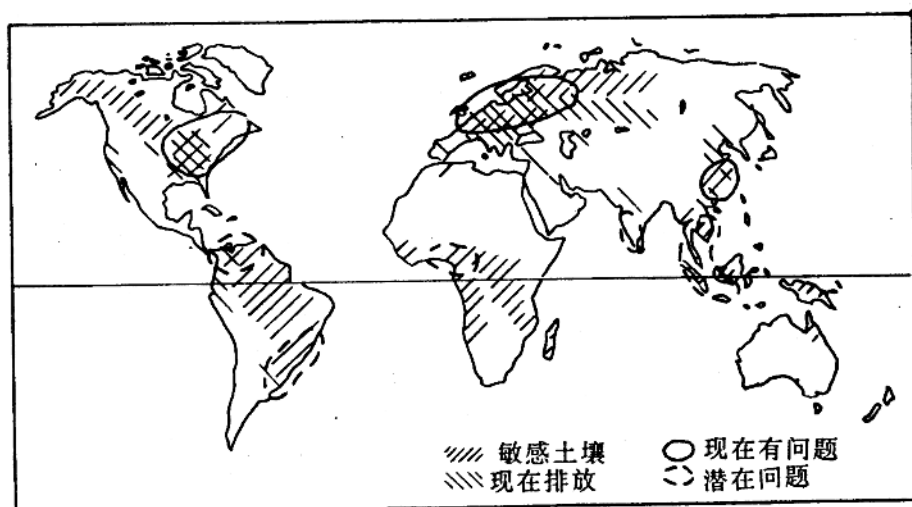


图3 土壤对酸沉降引起地表水酸化敏感的地区(a)和现在排放酸性物质的地区(b)的粗略估计

图中实线圈出来的地区代表同时适合(a)和(b)的因而是问题严重的地区；虚线圈出来的地区代表敏感土壤同时因人口增长和工业化预计酸性物质排放将快速增加的地区，是酸沉降潜在危害区。

(3) 热带生物体燃烧对全球大气的影响(计划阶段)

热带地区的生物体燃烧对热带区域大气的物理和化学状态构成了极大的扰动。而且，这种生物体燃烧严重影响了植被的发展和退化从而影响着生物圈。由于热带地区经常出现强对流，而且大火也经常把许多微量气体直接排放进自由对流层，所以主要发生在热带地区的这种燃烧过程很可能对全球大气有重要影响。但是，现在对这种影响还没有任何定量地认识。因此，IGAC 非常重视这一课题的研究，当前的主要研究内容是：

- ①定量化生物体燃烧排放的微量气体(主要是 CO , NO_x , CH_4 和 NMHC) 的排放通量；
- ②评价生物体燃烧排放对全球大气的化学状态和物理气候系统的影响，特别强调生物体燃烧对热带对流层臭氧的光化学形成过程和大气氧化特性的影响。

(4) 热带大气中的化学转化及其与生物圈的关系(意向性阶段)

热带大气的化学成分及其中的光化学转化过程受生物圈排放的影响很大，在干季受生物体燃烧的影响也很大。由于该地区人口急剧增长，土地利用发生了很大变化，大片森林变成了耕地和工业区。这种变化一方面减少了向大气的还原态气体的排放，另一方面又增加了 NO 和 CO 等氧化物的排放。这将在很大程度上改变热带大气的总体光化学状态。这一课题的研究内容是，认识热带大气中的光化学过程并评价土地利用变化引起的地表排放的变化对这种光化学过程的影响。

(5) 稻田的 CH_4 和其它微量气体的排放 (进行阶段)

稻田是大气 CH_4 的最重要源之一, 它还可能排放其它微量气体。在中纬度水浇稻田中进行了较多的实际测量, 发现稻田 CH_4 和其它微量气体的排放与土壤种类, 土壤物理、化学状态, 大气状况和水稻种类之间存在着非常复杂的非线性关系。为了定量认识稻田的 CH_4 和其它微量气体的排放通量, 必须在主要水稻产区 (主要是亚洲) 的不同类型稻田上进行长期连续观测。因此, 本课题的研究内容是:

- ①确定不同类型水稻产区稻田 CH_4 和其它微量气体的排放通量及其变化规律;
- ②认识控制稻田 CH_4 排放通量的土壤微生物过程、氧化过程、输送过程和其它过程及其与土壤和大气环境条件及水稻生长状况的关系;
- ③研究不同地区农业生产措施的变化对稻田 CH_4 排放的影响;
- ④评价稻田对大气 CH_4 和其它微量气体浓度增加的贡献, 并估计其未来发展趋势。

3.3 极区在大气化学组成变化中的作用

地球的南北两极在全球大气化学组成和气候变化中起着重要作用。这些地区在全球气候系统中将是重要反馈机制的主要贡献者。这是它们在地表反照率和水体对大气 CO_2 吸收中的重要地位决定的。两极积冰中贮存的大量古代大气化学组成的信息对于我们认识大气化学组成的演化及其与气候变化的关系具有特别重要的意义。为了充分利用这一宝贵资料我们必须正确认识化学成分向冰川中转化的复杂过程, 并重建古气候。这一项目的主要研究课题是:

(1) 极区大气化学 (计划阶段)

为了充分利用冰川化学记录来重建地球大气的历史状态 (物理的和化学的) 并评价人类活动对极区和全球大气的影 响, 必须研究极区大气的化学特征。我们必须了解冰川中化学成分的空间分布和季节变化; 认识这些化学成分的来源; 认识极区大气和降水中关键化学成分的化学转化过程。

在极区太阳升起时, 极区大气会发生许多重要的化学变化。对这一现象的研究将使我们进一步深刻认识与全球变化有关的大气化学过程。极区空气污染物主要来自中纬度地区, 因此, 极区大气化学的研究也是认识大气污染物长距离输送的重要途径。本课题的主要研究内容是:

- ①认识极区大气和冰雪中的关键化学成分的局地来源, 特别是无冰雪的洋面;
- ②研究大气化学成分由中纬度向极区输送的过程;
- ③研究决定极区大气化学组成的化学转化过程;
- ④研究极区大气成分对气候的影响。

(2) 极区气—雪实验 (计划阶段)

前面已经提到, 为了由极区冰岩芯的分析获取过去的大气化学组成的信息, 必须知道大气成分向冰、雪转移的机制。对于化学稳定的永久性微量气体, 这一问题可以认为是解决了。但是, 对于在极区低温 (-20 — -50°C) 条件下气溶胶和反应性气体向冰、雪表面沉积的机制却知之不多。因此, 需要进一步研究大气和冰、雪之间的物质交换过程。本课题的研究内容是:

- ①研究极区大气成分进入降雪的过程及在积冰形成之前大气和雪之间的粒子和微量气体交换过程;

- ②冰、雪表面上的化学反应过程；
- ③建立极区大气成分和冰中化学成分之间的关系。

3.4 北半球中高纬度地区在大气化学组成变化中的作用

北半球中高纬度地区包括森林、湿地和湖泊，是地球上的重要生态类型地区。现有的气候模式预测表明，温室效应气体增加引起的全球变暖在两极地区更为明显。在这种背景下，北部湿地的甲烷排放将是全球气候系统的正反馈机制的重要贡献者。天然湿地甲烷排放的一半来自北方湿地。北半球中高纬度地区生态系统中存在广阔的厌氧环境，它们是其它还原态气体的重要产地。决定这些地区微量气体的排放通量以及这些排放通量在全球变暖条件下的变化对于全球大气化学研究具有特别重要的意义。本项目的许多研究内容过去已有很多研究，而且许多国际研究计划都涉及到这一领域，所以 IGAC 只确定了一个研究课题，即北方湿地研究（进行阶段）。

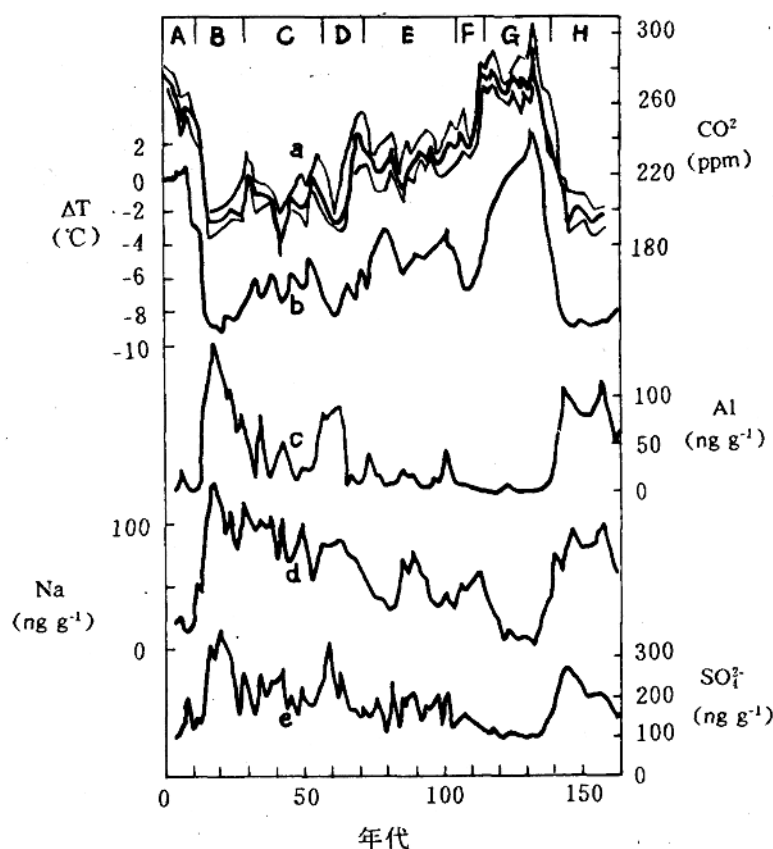


图4 Vostok 的冰心记录；a) CO_2 浓度（细线表示准确范围；b) 平滑过的同位素温度记录；c) 铝含量；d) 海洋中的钠含量；e) 硫酸盐含量。Vostok 的记录表明，在 10 万年的时间尺度上 CO_2 浓度和同位素测量导出的温度都有较大变化，分别为 70ppm 和 10°C 。

最冷的时期沉积的冰都有较高浓度的海洋和大陆气溶胶，这反映了全冰河期的排放较强和经向输送较强。高硫酸盐浓度对应于火山活动较强期，但这和气候之间没有明显长期相关。

北方湿地范围很大，但我们对这一生态系统对大气的影响了解得很少，因此需要对包括北美、北欧和前苏联的广大地区进行研究。这一课题将与在加拿大进行的有关研究课题结合起来。其主要研究内容是：

- ① 量化北方湿地地区大气微量成分的源和汇；
- ② 估价在预测的全球变暖的背景下，北方湿地对辐射活性微量气体的生物地球化学循环过程的影响；
- ③ 建立气体交换模式以定量估计北方湿地的源和汇的强度以及评价北方湿地对未来气候变化的响应；
- ④ 湿地过程模式与全球大气化学模式的联系。

3.5 全球分布、转化、变化趋势和数值模拟

大气化学成分在全球的分布及其短期的和长期的变化是大气中一系列过程（排放、输送、转化和清除）的综合效果。自然的和人为的源向大气排放各种微量成分，大气中这些成分浓度反映了源的特征及其地理分布。大气运动可以把微量成分输送到远离排放源的地区，在输送过程中化学转化过程可能产生一些新的大气成分，最后，各种清除过程结束了输送和化学转化过程。大气成分在大气中的寿命反映了该成分的特性和清除机制。因此，大气微量成分的空间分布和时间变率是大气成分收支和一系列过程的定量指标。为了对大气有系统的认识，必须了解全部过程。为此，在该项目中确定了下列四个课题：

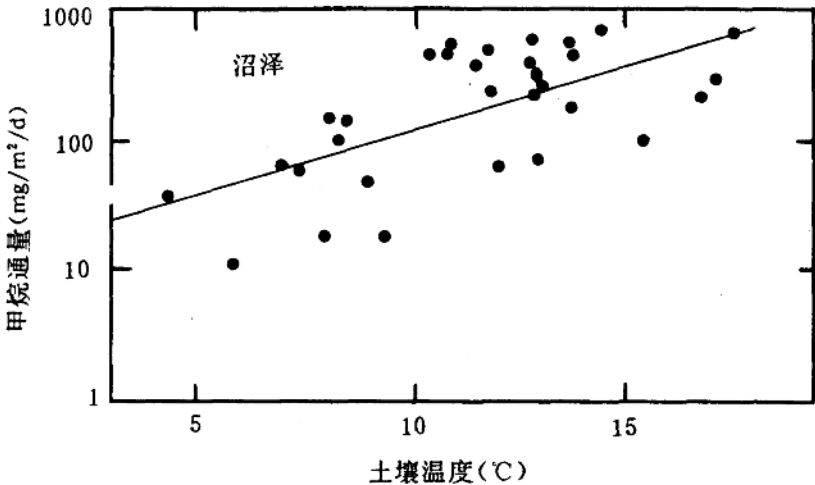


图5 明尼苏达州 Marcell 实验森林区的开放沼泽地的甲烷排放与土壤温度的关系

(1) 全球对流层臭氧观测网（进行阶段）

臭氧在对流层大气中的许多物理、化学和辐射过程中起着核心作用。因此，我们急需详细了解臭氧浓度的水平和垂直分布以及其长期变化趋势。为此急需建立一个覆盖全球的对流层臭氧观测网。

建立这样一个观测网应以现存在臭氧探空站、臭氧激光观测站和多布森臭氧站为基础。在这些站上增加对流层臭氧观测，同时增设一些新站改善现有站网的空间覆盖率和增加站网密度。

对流层臭氧的观测频率需要高于平流层臭氧的观测。仪器要有较高的准确度和良好的稳