

全球变化研究系列文集

国际全球变化研究 核心计划(三)

主编 孙成权 张志强
李明 施永辉



科学出版社

全球变化研究系列文集

国际全球变化研究核心计划(三)

孙成权 张志强

主编

李 明 施永辉

气象出版社

内 容 简 介

全球变化研究是 80 年代兴起的跨学科的、综合性的、迄今规模最大的国际合作研究活动。国际全球变化研究计划包括国际地圈生物圈计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)及全球环境变化的人类因素计划(HDP)。本书介绍了 IGBP 的核心计划“国际全球大气化学计划”(IGAC)的实施计划和“水循环的生物圈方面”(BAHC)、“全球变化与陆地生态系统”(GCTE)、“全球海洋通量联合研究”(JGOFS)、“海岸带陆海相互作用”(LOICZ)、“数据信息系统”(DIS)的 1994~1998 年活动计划,IGBP 的陆地样带研究科学计划、“国际海洋全球变化研究”(IMAGES)科学与执行计划,以及 BAHC-IGAC-GCTE 科学任务组第一次会议报告;介绍了 HDP 计划 1994~1995 年工作计划。另外,还介绍了美国 1995 和 1996 财政年度全球变化研究计划(USGCRP)的内容。本书可供国内科学界与教育界的研究和教学人员、政府资源与环境管理部门的决策者和管理干部以及大中专学生参考。

全球变化研究系列文集 国际全球变化研究核心计划(三)

孙成权 张志强 主编
李 明 施永辉

责任编辑:张志强 李义玲 终 审:周诗健

封面设计:曲声浦 责任技编:李 明 责任校对:张志强 李 明

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

中国科学院兰州文献情报中心印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:18 字数:445 千字

1996 年 12 月第一版 1996 年 12 月第一次印刷

印数:1—1000 定价:28.50 元

ISBN7—5029—2247—4/P·0828

前 言

随着人类对地球环境影响的日益增强,人类社会已步入了全球环境时代。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、植被破坏与生物多样性丧失、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,涉及到地球各部门的相互作用,涉及到发生在地球系统中的物理、生物和化学等过程的相互作用,涉及到人类赖以生存的地球的可居住性问题。认识并预测地球环境的变化,是当今科学界面临的严重挑战。

为此,国际科学联合会理事会(ICSU)于1986年组织了以研究全球变化为目的的国际地圈生物圈计划(IGBP)。该计划共包括八个核心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),水循环的生物圈方面(BAHC),海岸带陆海相互作用(LOICZ),全球海洋生态系统动力学(GLOBEC),全球分析、解释与建模(GAIM),以及数据信息系统(DIS)和全球变化的分析、研究与培训系统(START)。IGBP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、相互作用着的物理、化学和生物学过程;描述和了解支持生命的独特环境;描述和了解发生在地球系统中的变化以及人类活动对它们的影响方式。其应用目标是:增强对未来几十年至百年时间尺度上重大全球变化的预测能力,为国家的和全球的资源管理和环境战略的决策服务。

国际全球变化研究有一个庞大的计划体系,除国际地圈生物圈计划(IGBP)外,还包括世界气候研究计划(WCRP)、全球环境变化的人类因素计划(HDP)和生物多样性计划(DIVERSITAS)。这些计划也各由若干个核心计划组成。它们分别从不同的角度研究引起全球变化的不同方面:WCRP着重研究气候系统中物理方面的问题,以扩充人类对气候机制的认识,探索气候的可预测性及人类对气候的影响程度,它包括对全球大气、海洋与陆冰以及地表的研究;而HDP的目的是力求更好地了解导致全球环境变化的人类原因,即促进对左右人与整体地球系统相互作用的复杂动因的科学理解和认识;不断探索和预测全球环境的社会变化;确定大范围的社会战略以防止或减轻全球变化的不利影响,或适应无法避免的变化;分析适应或减慢全球环境变化、促进持续性发展目标实现的政策方案。

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。国际全球变化研究的组织与实施促进了基础学科与应用基础学科的相互渗透和横向联合,促使地球科学研究取得了重要进展,如地球系统科学理论的提出,大科学思想的建立;同时,也提出了许多新问题,如IGBP与WCRP、HDP、DIVERSITAS的联系与合作,各核心计划之间的交叉与协调,自然科学与社会科学的相互合作,历史变化与近代变化的比较评价,自然营力与人类营力的耦合分析,各种要素在不同层次、多种时空尺度之间的转换等,均有待于今后在研究实践中进一步加以解决。

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。

国际全球变化研究计划是跨学科的具有综合性和交叉性的长期科学研究计划,要深入参与全球变化的研究工作,就必须首先全面了解全球变化研究计划及相关的国际计划和国家计划的发展动向。为了使我国科学家更广泛地参与全球变化的研究,全面了解国际全球变化研究计划,推动这一重大领域的进展,在 IGBP 中国全国委员会秘书处、国家自然科学基金委员会地球科学部、中国科学院资源环境科学技术局和国家科委社会发展科技司等单位的大力支持下,我们先后编译了由 IGBP 秘书处出版的 IGBP 核心计划报告和由 ISSC/UNESCO 等出版的 HDP 报告,分三集出版:

《国际全球变化研究核心计划(一)》包括 IGBP 计划的 IGAC、JGOFS、PAGES 和 START 等三个核心计划和一个支撑计划,于 1992 年由气象出版社出版。

《国际全球变化研核心计划(二)》包括 IGBP 计划的 GAIM、GCTE、BAHC 三个核心计划,IGBP 与 HDP 计划的交叉核心计划“土地利用与全球土地覆盖变化的联系”(LUCC),以及 HDP 计划的有关报告,于 1994 年由气象出版社出版。

此前,还于 1993 年由气象出版社出版了我们编译的《全球变化研究国家(地区)计划及相关计划》一书,它们同属于《全球变化研究系列文集》。

此次出版的《国际全球变化研究核心计划(三)》包括 IGBP 的核心计划“国际全球大气化学”(IGAC)的实施计划和“水循环的生物圈方面”(BAHC)、“全球变化与陆地生态系统”(GCTE)、“全球海洋通量联合研究”(JGOFS)、“海岸带陆海相互作用”(LOICZ)、“数据信息系统”(DIS)1994~1998 年工作计划,IGBP 的陆地样带研究科学计划,“国际海洋全球变化研究”(IMAGES)科学与执行计划,以及 BAHC-IGAC-GCTE 科学任务组第一次会议报告,HDP1994~1995 年工作计划,美国 1995 和 1996 财政年度全球变化研究计划(USGCRP)。

本书由中国科学院兰州文献情报中心孙成权研究员策划组织,孙成权、张志强、李明、施永辉参加了主编工作,参加译校工作的有:孙成权、张志强、李明、施永辉、张延敏、孙玉华、王延生、张杰等同志。气象出版社总编辑周诗健先生审阅全书并提出宝贵意见,李义玲女士为此书出版做了编辑工作。中国科学院兰州化学物理研究所李作伟同志参加了本书图件的清绘工作。

编 者
一九九六年十二月

目 录

前 言	1
国际全球大气化学(IGAC)计划:实施计划	(1)
1. 引言	
2. IGAC 计划的组织结构	
3. IGAC 研究计划	
国际地圈生物圈计划数据信息系统(IGBP-DIS):1994~1998 年活动	(75)
1. IGBP-DIS 基本原理和目标	
2. 实施战略	
3. 1994~1998 年实施计划	
4. 结构和组织	
全球环境变化的人类因素计划(HDP):1994~1995 年工作计划	(96)
1. 目的和科学理论基础	
2. HDP 框架计划	
3. 研究计划的实施:从创议到研究规划	
4. 与其它全球变化研究计划的关系	
5. 组织机构	
国际地圈生物圈计划(IGBP)陆地样带研究:科学计划	(118)
1. 前言	
2. 大尺度陆地样带的基本原理	
3. 样带类型与选择标准	
4. IGBP 样带的空间外推与模拟	
5. 最早推荐的一批样带	
6. IGBP 样带研究的组织与实施	
7. 过去的全球变化:极地—赤道—极地(PEP)样带	
8. IGBP 样带研究的数据信息系统	
9. START 与 IGBP 陆地样带	
水循环的生物圈方面—国际全球大气化学计划—全球变化与陆地生态系统(BAHC- IGAC-GCTE)科学任务组第一次会议报告	(143)
1. 引言与目标	
2. 陆地环境过程研究	
3. 模拟研究	
4. 发展中国家科学家的参与	
5. 下一步的设想	

附录 1	GCTE 样带工作组关于湿热带地区的土地利用变化的报告	
附录 2	各核心计划合作可能做出的贡献(摘要)	
国际海洋全球变化研究(IMAGES):科学与执行计划		(158)
1.	IMAGES 概述	
2.	IMAGES 的科学问题	
3.	研究战略	
4.	计划的组成部分	
美国 1995 财政年度全球变化研究计划(USGCRP)		(179)
1.	绪论	
2.	运用什么研究框架研究全球变化问题	
3.	美国 1995 年财政年度全球变化研究计划	
4.	与国际团体的联系	
5.	全球变化的教育和公众意识	
美国 1996 财政年度全球变化研究计划(USGCRP)		(218)
1.	引言	
2.	季节至年际的气候波动及相关事件	
3.	未来几十年的气候变化	
4.	平流层臭氧耗减与 UV 辐射的增强	
5.	土地覆盖、陆地与海洋生态系统的变化	
6.	全球变化研究的横断性问题	
7.	国际合作	
IGBP 部分核心计划 1994~1998 年工作计划		(236)
1.	水循环的生物圈方面(BAHC)	
2.	全球变化与陆地生态系统(GCTE)	
3.	全球海洋通量联合研究计划(JGOFS)	
4.	海岸带陆海相互作用研究(LOICZ)	
附录		(256)
1.	IGBP 报告一览表(续)	
2.	HDP 出版物简介	
3.	全球变化研究常用缩略语(续)	
4.	《全球变化研究系列文集》总目录	

国际全球大气化学(IGAC)计划:实施计划

A. A. P. Pszenny R. G. Prinn 主编

(国际地圈生物圈计划秘书处)

引言

IGAC 计划的组织结构

IGAC 研究计划

- 1 重点 1:海洋大气的自然变化性和人为扰动
- 2 重点 2:热带大气化学的自然变化性和人为扰动
- 3 重点 3:极区在大气化学成分变化中的作用
- 4 重点 4:北半球北方地区在生物圈—大气圈相互作用中的作用
- 5 重点 5:中纬度生态系统中的痕量气体通量
- 6 重点 6:全球分布、转化、变化趋势与模拟
- 7 重点 7:支撑活动

引言

大气是一个化学上复杂的动力系统,不仅其内部(主要是在对流层和平流层)发生着相互作用,而且与海洋、陆地和生物发生相互作用。现今大气的组成不断变化着,而且已知在过去的16万年中大气的组成发生了显著的改变。由于人类的活动(包括那些影响臭氧层、生物圈和辐射活性气体和粒子浓度的活动),现今的大气中正发生着重要的环境过程。最重要的一种长寿命温室气体是 CO_2 ,其浓度决定于陆地生物圈与海洋间的相互作用、以及决定于陆地清除和化石燃料的燃烧。 CH_4 也是一种非常重要的长寿命温室气体,它主要有自然和人为两种源,它主要通过和对流层中的 OH^- 原子团的反应而消除,其源和汇强烈地受人类活动的影响。 N_2O (具有与 CH_4 类似的源)与 CFC_3 (人为源)也是温室气体,然而,它们的温室作用潜力部分地由于它们所破坏的平流层 O_3 而被抵销。 O_3 是一种关键的大气化学成分和紫外辐射屏蔽层,由于受许多其他痕量成分的影响,它具有复杂的化学演化过程,它对人类和植物有害,而且也是一种重要的温室气体。许多其他痕量气体通过它们对 O_3 、 OH^- 和 CH_4 的浓度的影响而起着关键作用。自然和人为成因的气态硫的化合物被氧化成对反射率具有重要影响的硫酸盐粒子,从而抵消温室气体的影响。因此,大气化学通过许多复杂的环境过程而与工业活动、气候和土地利用密切相关。国际全球大气化学(IGAC)计划的实施旨在通过观测研究、理论研究、实验研究和模拟研究来研究这个复杂的体系。

IGAC计划由国际地圈生物圈计划(IGBP)与国际气象学和大气科学协会(IAMAS)的大气化学和全球污染委员会(CACGP)联合资助。IGAC计划的目标是:

- 发展对决定大气组成的基本化学过程的认识。
- 认识大气化学组成与生物和气候过程之间的相互作用。
- 预测自然力和人为活动对大气化学组成的影响。

IGAC的最初科学计划于1988年11月在澳大利亚维多利亚(Victoria)杜克(Dookie)学院召开的CACGP专题讨论会上提出,并由I. Galbally主编以一份报告的形式发表(CACGP,1989)。最初的IGAC科学计划包括六个研究重点,每个重点都说明全球大气化学的重要问题,这些问题的解答都需要进行国际合作。早期就认识到,在发展对地球系统的预测性认识中需要更强有力的多学科方法。研究生物圈—大气圈相互作用的任务过去是由IGBP的陆地生物圈—大气圈相互作用协调委员会、SCOPE(环境问题科学委员会)的痕量气体交换计划实施的,曾于1990年2月SCOPE·IGBP在瑞典锡格蒂纳(Sigtuna)联合召开了“全球范围痕量气体交换学术讨论会”并出版了IGBP报告第13号(IGBP,1990)。IGAC核心计划办公室设在美国马萨诸塞州坎布里奇(Cambridge)的麻省理工学院。

IGAC计划的组织结构

大气的组成和化学取决于气候、生物圈、地圈的以及人为成因的有关变量。IGAC计划的组织考虑了这些变量的时空分布的不一致性以及某些变量(例如:云、浮游植物、化石燃料燃烧)的分布的局地性,有必要在全球范围内研究一系列地区。为此,确定了5种主要研究地区,称为“区域重点”,即海洋、热带、极区、北半球北方地区和中纬度地区。与这些区域研究重

点相伴的有一个“全球重点”，阐述痕量气体和气溶胶的全球变化趋势、分布、源、大气传输、转化、汇和模拟。第7个重点是“基础重点”，主要涉及对其它所有重点很必要的实验和理论研究，即测量的标准和相互比较、分子基本特征的实验研究以及新仪器的开发。另外，IGAC也将促进教育和培训的工作，以更好地了解在全球变化的情况下的大气化学过程和相关的生物过程。

以上7个研究重点将一道阐述目前最大的不确定地区和/或已觉察到重要性的地区。这些已经确定的重点将随着应予以最大关注的地区的不确定性和伴随的变化的减少而不断调整。每个“研究重点”又包括若干“研究活动”，通过这些活动的成功努力，将阐明IGAC计划的总体目标(图1)。

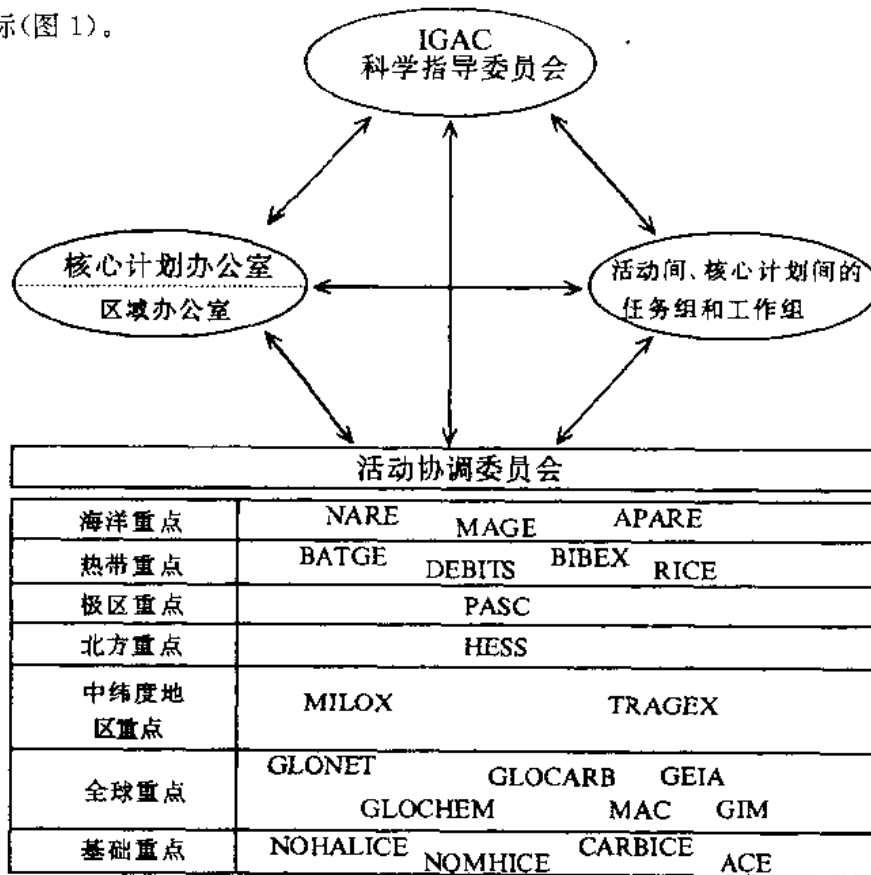


图1 IGAC计划的管理结构

IGAC的研究活动将与IGBP的其它核心计划及其框架活动、与世界气象组织(WMO)、世界气候研究计划(WCRP)以及一系列其它国际和国家组织合作进行。在IGBP内部已经组建了专门任务组，以提出全球海洋通量联合研究计划(JGOFS)与IGAC之间；水循环的生物圈方面(BAHC)、全球变化与陆地生态系统(GCTE)和IGAC之间开展合作研究的建议。IGAC与WMO国际理论化学与应用化学联合会(IUPAC)之间已经分别建立了正式联系。另外，IGAC与一个国际气溶胶研究小组开展讨论，以扩大和发展IGAC的气溶胶科学部分。

所有有兴趣的科学家都可以参加IGAC，因为正在考虑中的该问题的内容和复杂性需要具有丰富经验和技术的科学家的参与。图2给出了科学家将参与IGAC的几种途径。

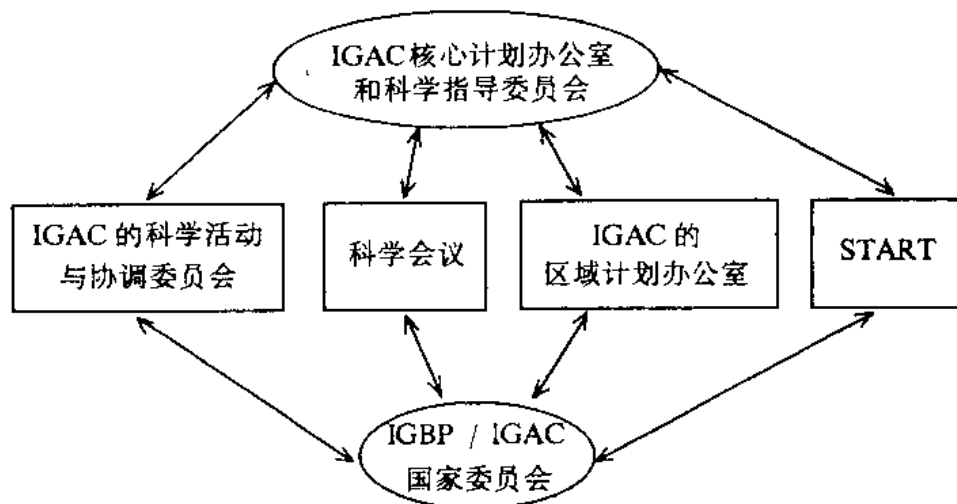


图2 IGAC计划的各参加部分之间的联系

IGAC 研究计划

下面概述IGAC执行计划的主要内容。每一个研究部分主要包括背景、目标、研究战略概述以及计划的实施时间表。

1 重点1:海洋大气的自然变化性和人为扰动

IGAC重点1的总体目标是预测海洋大气的氯化效率、海洋气溶胶对气候的直接和间接影响、海—气交换在生物地球化学循环中的重要性。海洋既是生物成因物质的源、又是自然和人为成因碳、氮、硫和卤素化合物的汇,这些化合物通过散射、吸收和云的微物理过程而影响大气的辐射特征。由于三分之二的地球大气位于海洋上空,因此本重点中所研究的大气传输和化学过程将影响整个全球环境。

1.1 活动1.1:北大西洋地区实验(NARE)

北大西洋大陆边缘的工业区是全球排放影响地球大气氧化效率和辐射平衡的气体的主要源区。在北大西洋地区,这些气体化合物从沿海大陆源地排放,进入相对没有污染源的大洋环境并发生化学变化。这样一个源区完全确定并伴有一个无污染源的广阔地区,为研究这些化合物在海洋大气环境中的化学转化机理、影响这些化合物在海洋大气中的存留时间的因素及其氧化物提供了极好的条件。

NARE的建立旨在研究北大西洋海洋环境中发生的化学过程。1989年7月在英格兰诺里奇(Norwich)、1990年9月在法国尚鲁斯(Chamrousse)、1991年4月在美国博尔德(Boulder)、1992年4月在加拿大蒙特利尔、1993年1月在英格兰诺里奇分别召开了NARE规划会议,以明确NARE的科学目标并发展未来行动的计划。该项区域活动将研究那些决

定大陆排放物命运的过程和将这些排放物及其氧化物输送到遥远的自由对流层 (free troposphere) 的过程。在这些研究进程中, NARE 将为数据的共享和归档进行数据的相互比较、校准并制定共享的标准和协定。

NARE 的初步重点是确定污染物排放的影响, 这导致了北大西洋地区对流层臭氧 (O_3) 的生成。需要开展的研究包括测量北大西洋地区 O_3 及相关参数的分布和变化趋势、确定 O_3 的源并解释与 O_3 的形成有关的过程。

(1) 目标

- 评估光化学活性化合物和/或它们的产物的长距离输送, 确定这种输送对北大西洋地区大气质量的影响。

- 弄清这些化合物对大气的氧化特征和辐射平衡的影响。

- 估计沉降于北大西洋海洋环境的这些化合物的数量, 确定这种沉降对表层海水化学和海洋生物过程的影响。

(2) 实施策略

NARE 有下述 5 个明确的研究“任务”。虽然这些任务是分开描述的, 但他们的目标有明显的重叠, 而且每个任务都需要从其它任务得到支持并与其它任务合作。NARE 的基本作用是帮助协调已经提出的研究这些复杂问题的广泛国际研究计划, 促进对已经开展的对科学问题的深入讨论, 以及帮助弄清楚其它尚需开展的工作。因此, NARE 是建立在几个已有的研究计划基础之上, 它将从地基站、从船舶和从空中收集测量数据, 以发展详细的模式。能描述 NARE 的 5 个任务所进行的研究努力的三个贯穿性主题是:

A. 北大西洋上空的自由对流层臭氧

北大西洋上空 3 km 高处自由对流层中 O_3 的观测表明, O_3 含量具有明显季节性振荡, 其最大值在晚春 (5~6 月) 为 55 n (即 55×10^{-9} , 体积浓度)、最小值在冬季 (12~1 月) 为 35 n。在 1~5 月间 O_3 的增加非常诡秘, 其原因可能是来自平流层中大的储源 (reservoir) 的 O_3 通量的增加, 或者可能是对流层内光化学过程产生的 O_3 的增加所致。第二种解释的证据来自对 O_3 测量时所同时进行的对大西洋上空自由对流层中烃类的测量, 表明自由对流层大气中以活性烃类的形式 (如 C_2H_2 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 、 C_5H_{12} 、 C_6H_6 、 C_7H_8 等) 存在的总碳表现出显著季节性变化, 并伴随有极区成因的 O_3 经海洋大气输运至苏格兰西海岸。1982 年 11 月进行的海平面测量表明, 大西洋地区约 20 n 活性碳的这种储源的纬度范围从约 $20^\circ N$ 到至少 $40^\circ N$, 南半球的特点是降低到了 $20^\circ S$ 到赤道之间。活性碳的这个大的储源在 2~5 月间当它们在大气中被氧化时, 依据其混合比, 能够产生相当量的 O_3 , 所产生的大量 NO 也存在着。不幸的是, 目前几乎没有公开发表的有关大西洋地区 NO 的浓度的数据可以进行比较。通过对大西洋地区自由对流层烃类数据的深入研究而发现的另一个有趣的特征是, 烃类的分布、特别是关于戊烷、己烷、庚烷、辛烷的正构 (normal) 与同分异构 (iso-isomers) 的比率, 可以用在冬季的月份中除去同分异构的有效 NO_3 的化学来解释。其他可能的解释包括一个季节性变化的源, 而不是机动车辆的消耗, 这在冬季的月份中占主要地位。NARE 的两个主要目标是, 解决在北大西洋及其周围大陆上空清洁空气中观测到的与 O_3 的源有关的许多不确定性、以及除 OH 化学之外的烃类氧化过程的性质。

NARE 的目标与 IGAC 的活动 1.3 “东亚/东太平洋区域实验” (APARE) 的目标具有明显联系。若给定大气环流的特征及其长期寿命, 特别是对 O_3 及其在冬季里的“先驱” (pre-

cursor)分子,则将可以在北太平洋地区观测到在北大西洋地区所观测到的相同类型和程度的化学过程。

B. O_3 从北美地区经由北大西洋上空的向外输送

对流层中的 O_3 有自然源和人为源。基本的自然源为从平流层的注入。人为源是工业和交通运输消耗源排放的有关气体的光化学反应产物。理解 O_3 的收支并进而理解 O_3 的效应,定量确定并比较这两个源的大小很重要。北美地区严重污染的东海岸是 O_3 的一个大的源, O_3 的先驱分子可以被输送到北大西洋温带地区。在夏季,北大西洋温带地区的大气环流受百慕大高压控制,沿大西洋海岸向北流动。为了评价这种输送的重要性,1991年和1992年在加拿大大西洋海岸的三个地点对 O_3 和 CO 的浓度进行了测量。这些测点——新斯科舍塞布尔角(Cape Sable)、塞布尔岛(Sable Island)和纽芬兰开普雷斯(Cape Race)——从美国东北角外开始以约 500km 的间距顺风向分布。

CO 是一个相对非活性的人为污染物(其寿命在夏季约 1 个月),已被用来作为人为污染的一个有效示踪剂。测得的平流过北大西洋上空的空气中 O_3 浓度与 CO 浓度之间的关系,以及北美地区东部 CO 的排放,提供了估计从北美地区输送出的 O_3 的数量的基础。

1991年7月中旬至9月中旬在三个地点进行了测量,计算了 O_3 与 CO 浓度的五分钟平均值。三个测点的数据均表现为,基本上为常数的、低的 O_3 与 CO 浓度值常被幕式的相对高的 O_3 与 CO 浓度值打断。这些数据的线性回归分析得出了相对大的相关系数,这表明每一个测点的 O_3 的浓度的约 1/2~3/4 的变动可以利用 O_3 与 CO 浓度的简单线性关系获得。

1991年8月在塞布尔岛观测到了 O_3 与 CO 之间的显著的正相关关系。线性相关系数表明,在这个夏季所测得的 O_3 的 3/4 以上的变动可以利用 O_3 与 CO 间的线性关系获得。这意味着夏季由人为成因的 O_3 先驱成分经光化学过程生成的 O_3 是从位于北美大陆上的源区排放的。与此相对照,在塞布尔岛的冬季,数据的特征是 CO 浓度高、 O_3 浓度较低, O_3 与 CO 之间表现为显著的负相关关系。在 12 月份,所测得的 O_3 的变动的一半以上可以利用一个线性关系获得。这反映出在缺乏光化学产物的情况下, O_3 利用人为排放的 NO 和挥发性有机碳化合物(VOCs)的化学滴定作用。

研究发现,在三个测点的夏季月份中,所获得的完整数据集的月线性关系表现为显著的正相关。在塞布尔岛,随着秋季的推进,正相关关系消失,在冬季发展成为负相关关系。随着春季的来临,该负相关关系又消失了,而正相关关系又重新出现。

线性回归的斜率提供了 O_3 数量的指示,而 O_3 是由与 CO 一起排放进入气团的先驱成分经光化学过程产生的。即,在这些输送性气团中的 O_3 和 CO 的数量的摩尔比约为 30%。因为北美地区排放的 CO 的量可从排放清单中粗略地知道,而且因为输送到北大西洋的 CO 的比例能够估计得到,因此,估计从先驱成分光化学产生并输送到北大西洋的 O_3 的数量是可能的:每个夏季约为 10^{11} mol O_3 。这个数字大于从平流层进入该地区低对流层中的自然源的 O_3 的数量。该结论支持了这种争论,即源自人为污染的 O_3 在北半球温带具有半球范围的效应。

C. 北大西洋地区 O_3 与粒子综合测量

对 AEROCE(大气—海洋化学实验)数据的分析提供了研究北大西洋大气中 S、N、痕量元素和 O_3 循环的唯一途径。气溶胶、降雨和 O_3 数据集反映出 S、N、污染物从北美向北大西洋大气输送的重要性。这些数据也明显记录了 S、N、金属气溶胶从非洲向外的普遍输送。事

实上,这些数据明确支持这种假说,即北大西洋绝大多数地区的大气化学在大部分时间里极大地受大陆源的影响。

而且,尽管大陆过程在所有数据集中的重要性,但海洋过程的重要性、尤其是对S而言,能清楚地看出来。对气溶胶和降雨中甲磺酸盐(MSA)的季节性循环的观测首次揭示了北大西洋海区二甲基硫化物(DMS)沉降的主要特征。

关于长距离输送的大气动力学, O_3 与气溶胶数据集相结合,与各种痕量气体一道,能提供对控制大气中氧化物的浓度及其与特定源的关系的过程的深入认识。另外,气溶胶与降雨数据集相结合,就能评估清除机制和作为一种清除机制的干沉降的相对重要性。

任务 1.1.1: 化学转化与气象过程

地球大气是一种氧化介质。作为大气化学的结果,含有C、H、N、S的还原性化合物以及由一系列自然和人为源排放的其他元素在大气中被氧化,或者生成非活性的长寿成分(如 CO_2)、或者生成能被干、湿沉降(如硝酸 HNO_3 、硫酸 H_2SO_4)清除的短寿成分。因此,为了评价与各种化合物向大气中的释放有关的环境后果,了解氧化机制是很重要的。

一种特定化合物在对流层中的氧化伴随着一系列的气相和液相过程。造成这些转化的绝大多数氧化物是由光化学过程产生的。在大部分大气中,导致这些氧化物形成的过程是 O_3 的光解作用。 O_3 在对流层中的分布以及控制 O_3 产生和清除的过程,对了解对流层的氧化效率是必需的。这些过程也影响温室气体及消耗平流层 O_3 的物质的大气寿命。对流层 O_3 本身就是强力温室气体。NARE的初步重点是详细地了解这些过程,并且发展对北大西洋地区痕量气体氧化的预测能力。

为了了解 O_3 及其先驱成分的地区间和半球内的产生和散布,有必要确定使得 O_3 及其先驱成分(NO_x 、VOCs和CO)从其位于行星边界层的源区向自由对流层中逸散的机制;描述这些化合物在半球内的输送过程;理解在长距离输送中发生的化学过程;发展并验证化学和输送的预测模式。

任务 1.1.2: 北大西洋的臭氧气候学

现已确定,在北美和欧洲的许多地方的夏季,都会出现潜在有害的 O_3 的浓度升高。这些 O_3 的绝大多数是由人为源和自然源的 NO_2 和VOCs的光化学过程产生的。 O_3 是一种相对长寿的气体,其寿命从夏季的数日或数周到冬季的数月,这意味着它能在半球范围内被输送。它在大西洋上空的浓度受来自北美、欧洲而且可能亚洲的排放的强烈影响。因此,理解对流层的氧化和辐射特征,关键是确定在整个北大西洋范围内作为季节的函数的 O_3 及其先驱成分的分布。

任务 1.1.3: 输送与沉降

从大陆大气平流到海洋大气中的物质不仅参与了 O_3 的产生,而且也能影响其下海洋中发生的生物地球化学过程。要确定大陆物质对这些过程的影响,首先就需要确定输送过程的量值大小。

北大西洋具有全球海洋的主要物理、化学和生物学特征,它具有高、低生物生产率区,这提供了大气成分的相对照的海洋源区。它以作为自然和人为成分的主要源区的大陆为边界。最近的研究表明,从北美向西大西洋的输送和从非洲向赤道北大西洋的输送是最重要的源,而且各种大气过程(包括垂直交换过程)的结合对这类输送产生的污染物与云、海岸带和再循环的相互作用是重要的。

任务 1.1.4: 模式发展

为了更好地确定野外测量的策略,将需要开展模拟研究以帮助解释野外研究的结果和规划野外测量工作。模式将被用来帮助确定野外测量的次数、类型和选定测量时间,确定收集关键数据所需的大气条件和气象学。发展的模式与化学、输送和沉降有关。模式的范围将是北大西洋及其周围大陆的大部分地区。

任务 1.1.5: 辅助性科学——仪器开发、相互比较和实验室动力学

测量 O_3 及其化学先驱成分以及导致这些化合物散布的气象学需要一系列灵敏和精确的仪器。所需要的仪器包括垂直测量技术的开发如 O_3 激光雷达,新的探测传感器(例如探测 H_2O_2)的开发,以及测量 OH 和 NO_3 等关键的氧化自由基的可靠的、便携式测量技术的开发等。对许多成分、尤其是对过氧化氢(HO_2)、有机过氧化物(RO_2)、 HNO_3 和 $VOCs$,需要进行相互比较研究。

将需要实验室动力学(laboratory kinetics)研究来提供模拟特定过程的模式所需要的特定反应速率常数和光谱数据。NARE 未来研究所关心的是 NO_3 的反应,这可能对黑暗中启动氧化是很重要的。而且,将需要更多的实验室研究以确定 $VOCs$ 氧化中产生的次要产物。最后,应注意到用于测量大气中痕量化学成分的将来技术将被开发,并最初用于在实验室中检测这些化合物。

(3) 时间表

- | | |
|-----------|---------------------|
| 1992~ | O_3 的分布及变化趋势野外测量。 |
| 1993 | 夏季野外集中取样。 |
| 1995~1997 | 冬春季野外集中取样。 |

1.2 活动 1.2: 海洋气溶胶与气体交换(MAGE)

海洋覆盖了地球表面的 70%,它是影响地球辐射平衡的许多痕量气体的主要源和主要汇。这种影响或者是直接的(例如 CO_2 、 CH_4 、 N_2O),或者是通过改变海洋大气的光化学而间接作用的(如 CO 、烃类、卤素和硫化物)。详细研究这些源、汇和转化过程是必要的。

了解大气和海洋之间的交换,需要对海洋表面的排放和从大气向海面的沉降两方面开展研究。由于这些研究受限制于对最重要的通量缺乏直接测量,MAGE 已经发展并检验了通量测量的新的策略和技术。这是其基本目标之一。而且,有必要改进对控制这些具有重要气候作用的痕量成分的海洋和大气浓度的物理和生物地球化学过程的现有认识和预测能力。对这些过程(例如,影响海—气交换的物理参数、气候上重要的气体及其先驱成分的生物生产与消耗、海洋光化学及其对化学浓度的影响)的研究,将不仅需要测量痕量组分,而且需要测量许多辅助性物理、化学、生物学和气象学参数。这些研究的复杂性需要一种综合的、多学科的研究方法,这常常包括从数个研究平台上同时进行测量。

硫的化学是 MAGE 特别关注的一个主题。深化对 DMS 排放对云的影响的现有认识,对改进气候模式是至关重要的,因为某些模式模拟表明,海洋层积云区域范围的 4% 的增加,具有相当于(抵销) CO_2 增加 30% 的冷却效应,从 DMS 形成的云凝结核(CCN)可能是云辐射特征的重要控制者之一。而且,这类研究受测量 DMS 排放与 SO_2 、MSA 和硫酸盐气溶胶沉降时的困难的限制。

大陆的外流(outflow)通过增加人为污染物能影响海洋边界层(MBL)化学。要确定还原性大气污染物对全球变化的影响,则需要弄清楚在海洋的什么区域硫酸盐气溶胶的形成受

人为成因 SO_2 的控制、以及 DMS 的主要源在哪里。大陆对生物群也能产生重要影响,因为大陆源的营养物的大气输送被认为能限制某些海洋区域的生产率。土地利用变化将如何改变海洋的生产率?如果没有对固氮和痕量金属沉降的更好地估计,就不能回答这类不确定性和问题。

最后,海洋气溶胶是全球辐射收支中的重要因素,这与它们作为 CCN 的作用无关。现有的气溶胶沉降模式对这类因素非常敏感,但在 MBL 正常湿度梯度上存在着戏剧性的变化。将需要改进沉降测量研究以估计这些重要辐射性粒子的寿命,以便能够模拟源的变化性的影响。

(1) 目标

- 了解控制大气和洋面之间痕量气体和粒子物质交换的化学、生物和物理机理。
- 发展全球尺度气候和大气化学模式中包含的海洋交换过程的公式。
- 拓展海—气间具有劲风、大浪和飞沫的条件互换的实验知识。

(2) 实施策略

MAGE 协调委员会于 1990 年 2 月在加利福尼亚州阿纳海姆(Anaheim)、1990 年在法国尚鲁斯(Chamrousse)两次聚会讨论了该活动的行动计划。该委员会选定了 MAGE 能为海—气间交换研究做出贡献的两个方面。第一是促进开发新的测量技术,第二是组织野外研究项目以检验新的测量技术和促进大规模的多学科研究。MAGE 协调委员会也于 1993 年 2 月在塔斯马尼亚霍巴特(Hobart)举行了会议,决定对 ACE-1 计划(南半球海洋气溶胶特征实验,见任务 1.2.2C 和活动 6.4)增加生物学实验,并且了解在 ACE-1 计划完成之后在大西洋或地中海进行一项 MAGE 实验的兴趣。

任务 1.2.1: 新的测量技术的开发

目前,海—气交换研究受到技术的严重制约。该领域的绝大多数重要通量从未被直接测量过。对海洋气溶胶特征和气体交换过程的认识的深化,只能通过开发新的测量技术来达到。MAGE 非常感兴趣于支持开发并使用新的测量方法来测量海面通量的主要研究人员的努力。例如,MAGE 已鼓励开发测量 DMS、 SO_2 、 CO_2 和其他成分的快速传感器,以便与其他技术一道从船只或塔上对通量进行涡动相关测量。MAGE 也正在鼓励改进船载涡动相关方法。ASTEX/MAGE 的一条船上携带有一个广延微气象学系统(extensive micrometeorological system),主要用于估计动量和水汽通量。

任务 1.2.2: 野外测量(方法相互比较试验)

MAGE 研究人员在 1992 年完成了两次重要的野外计划,其他几项计划是为 1995 年及其以后规划的。

A. MAGE/JGOFS 赤道太平洋实验

这是 MAGE 活动的第一次野外计划,它旨在与全球海洋通量联合研究(JGOFS)计划协作,通过对非 CO_2 的痕量气体和大气化学的测量,以补充 JGOFS 的海洋学计划。

在 1992 年春季,MAGE 的两条船与“Tommy Thompson”号研究船并肩参加了 JGOFS 的赤道太平洋实验。由于 JGOFS 的主要兴趣是碳循环和生物生产率,因此 MAGE 则观测大气养分和生物成因气体,以便合作解释这两方面的现象。NOAA(美国国家海洋和大气管理局)的研究船“Vickers”号载着来自美国和俄罗斯的研究人员,重点进行了生物成因痕量气体和硫化学的研究。“Wecoma”号研究船上的美国、英国和埃及科学家研究了大气 C、N、S

的通量,并且研究了大气中铁对生产率的影响。

B. 赤道大西洋的 ASTEX/FIRE 实验

FIRE(第一次 ISCCP 区域实验)是一项正在进行的多机构参与的研究计划,旨在促进对云和辐射的参数化的改进以便在气候模式中使用,以及对 ISCCP(国际卫星云气候计划)的结果提供评估和改进。FIRE 最初是美国的一项国家计划,来自英国和法国的科学家对其做出了重要贡献。FIRE 的研究策略已将模拟活动与卫星、空间和地面测量相结合,以研究两类由于其广泛的地区覆盖性、持续性和辐射效应而在气候系统中起重要作用的云系统——卷云和海洋层积云。FIRE 被设计以两个阶段来实施。FIRE 阶段 I(1984~1989)的任务是阐述与卷云和海洋层积云系统的维持有关的根本问题。FIRE 在阶段 I 进行的研究在深化这些云在全球气候系统中的作用的现有认识方面取得了很大进展。FIRE 阶段 II(1989~1994)致力于研究与这些云系统的形成、维持和消散有关的更详细的问题。

大西洋层积云转化实验(ASTEX)是第二组 FIRE 国际云气候实验的一部分。ASTEX/MAGE 实验为多国参与的、旨在改进我们研究云—化学相互作用及影响它们的海—气通量的能力的研究努力,以将更实际的化学和物理学结合进气候模式中为目的,它检验了改进的分析技术和新的观测策略。

MAGE 以两条船、两架飞机和在两个岛上的地面测量,于 1992 年 6 月在近赤道北大西洋东部开展了 ASTEX/MAGE 实验。ASTEX/MAGE 的目的是研究控制海洋层积云的生命循环和辐射特征的因素——包括海—气通量与气溶胶的形成和损失。在欧拉和拉格朗日参考系进行了广泛的硫、烃类和光化学实验。常密度气球和一种惰性示踪剂从“Oceanus”号研究船上两次释放以尾随气团,跟踪它们的拉格朗日演化并评估它的海面源和汇。国家大气研究中心(NCAR)的飞机“Electra”向这些气团内部做了三到四次飞行,同时华盛顿大学的“C-131”飞机也做了一次飞行。NOAA 的研究船“Malcolm Baldrige”顺风停泊,目的是当风离开研究区时描述尾随的空气的特征。依靠来自美国、法国、德国、英国、西班牙和葡萄牙的科学家的共同努力,该实验为研究海—气通量发展了新的实验策略。

对在海洋大气中如何进行拉格朗日研究,从 ASTEX/MAGE 实验已经获得了大量经验。已在极清洁的空气中进行了一次拉格朗日实验,而另一次实验是在来自欧洲的污染空气中进行的。数据分析正在进行之中,并日益表明该收支研究已经得出了海洋硫随时间演化的极好图像。在 ASTEX/MAGE 实验的最后,科学小组于 1992 年 6 月在亚速尔群岛圣玛丽亚岛(Santa Maria)聚会,汇报并讨论了数据分析计划。1993 年 2 月在夏威夷希洛(Hilo)召开了一次数据专题讨论会。

C. 第一次气溶胶特征实验

南半球海洋气溶胶特征实验(ACE-1)计划与 IGAC 的活动 6.4(MAC,多相大气化学)合作进行。ACE-1 将于 1995 年晚期在塔斯马尼亚格里姆角(Cape Grim)附近开始,将有来自新西兰、澳大利亚、美国、欧洲和东南亚的科学家参加,其目的是研究人为影响最小的地区的 DMS 通量及其向气溶胶的转变。

该实验也将与 IGBP/JGOFS 的“南大洋实验”协调,后者也计划在相同地区和相同时期进行。虽然美国 JGOFS 南大洋野外工作已被推迟到了 1996 年,但 MAGE 将与澳大利亚的 JGOFS 协调进行其测量。IGAC 科学家希望有一条研究船(NOAA 的“Discover”号),以使对水柱中的大气取样、硫和养分化学、生物学研究能在研究船上进行。意大利的示踪剂技术