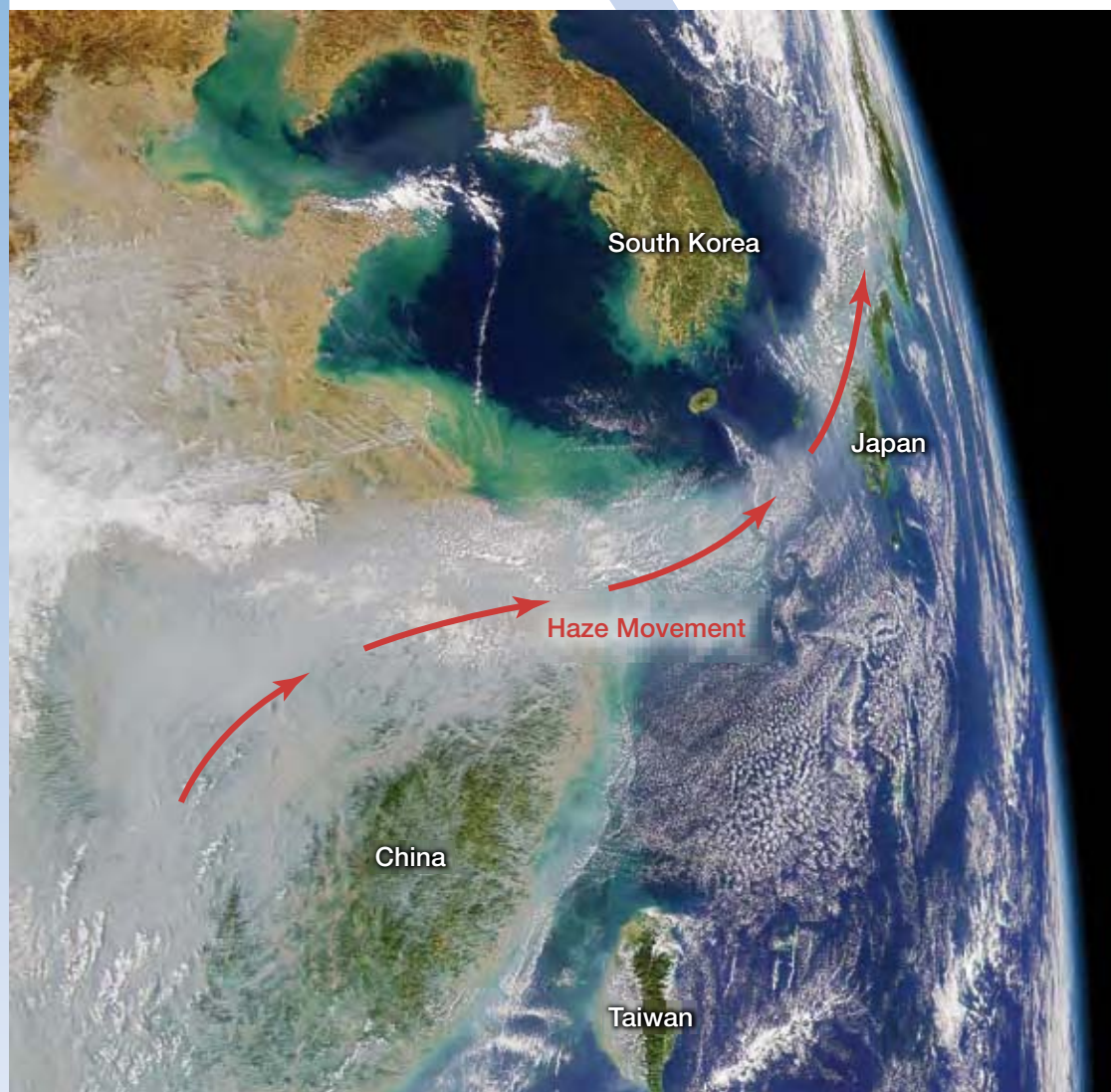




IGBP Report 56

International Global Atmospheric Chemistry



Science Plan and Implementation Strategy

CACGP

GLOBAL
IGBP
CHANGE

如引用本报告，请标注以下信息：

IGAC (2006) Science Plan and Implementation Strategy.
IGBP Report No. 56. IGBP Secretariat, Stockholm. 44pp.

详细出版信息：

Published by:
IGBP Secretariat
Box 50005
SE-104 05, Stockholm
SWEDEN
Ph: +46 8 166448, Fax: +46 8 166405
Web: www.igbp.net

Editors: Tim Bates, Mary Scholes, Sarah Doherty
and Bill Young

Series Editor: Bill Young
Graphic Design: Hilarie Cutler

ISSN 0284-8105

Copyright © 2006

Copies of this report can be downloaded from the IGAC
and IGBP websites. Hard copies can be ordered from
the IGAC International Project Office.

IGAC International Project Office
Pacific Marine Environmental Laboratory
National Oceanic and Atmospheric Administration
7600 Sand Point Way NE
Seattle, WA 98115-6349, United States
Web: www.igac.noaa.gov



科学计划与实施战略

本报告由 IGAC 过渡小组完成：

Tad Anderson, United States

Timothy Bates, United States

Mike Bergin, United States

Olivier Boucher, France

John Burrows, Germany

Cristina Facchini, Italy

Fred Fehsenfeld, United States

Sandro Fuzzi, Italy

Laura Gallardo-Klenner, Chile

Didier Hauglustaine, France

Daniel Jacob, United States

Prasad Kasibhatla, United States

Katharine Law, United Kingdom

Mark Lawrence, Germany

Caroline Leck, Sweden

Shaw Liu, China (Taipei)

Ulrike Lohmann, Switzerland

Danny McKenna, United States

John Munthe, Sweden

Kevin Noone, Sweden

Ulrich Platt, Germany

David Parrish, United States

Lynn Russell, United States

Mary Scholes, South Africa

Ann Thompson, United States

Chandra Venkataraman, India

本报告中文译本由马玉霞（兰州大学大气科学学院）和
曲建升（中国科学院国家科学图书馆兰州分馆）翻译。

前 言

《IGAC 科学计划与实施战略》在 IGAC 和 IGBP 第二阶段开展了 IGBP 大气化学项目的科学目标和重点议题。同时也为这些目标和议题的开展列出了工作计划，认识到与相关计划和项目合作的必要性。

这份文件的科学重点来自于 IGAC 工作组过去第一个十年的研究，大部分都在重点测量内容中。在下个阶段 IGAC 的范围包括区域特征和延伸至空间、时间和交叉边缘学科研究。局地 and 区域尺度大气化学组成将是主要的研究重点，现在已经很清楚，化学活性气体的陆地间输送和转化以及大气化学和气候的相关作用必须要进行研究以便我们很好地了解和掌握大气化学成分并为公众和决策部门提供参考依据。

大气化学必须要看作是地球系统的内容，这也已经清楚了。因此，IGAC 将要与项目伙伴合作，包括两个新的机构 IGBP 和 iLEAPS 以及 SOLAS，还有两个 WCRP 机构，SPARC 和 GEWEX。

从 IGAC 网页上可以下载 PDF 版的计划书也可以通过邮件要硬盘备份，这些我们都免费为你提供。还有，也可以联系 IGAC 国际计划办事处。

致 谢

这份科学计划和实施战略在 1999 年在意大利博洛尼亚 IGAC 科学会议上讨论形成；2000 年在美国佛罗里达州 IGAC 总体会议上由 CACGP 领导进行了一天的讨论；2002 年在瑞典斯德哥尔摩举行了三天的 IGAC 研讨会和在希腊的克利特岛 IGAC 科学会议。计划书在 2003-2005 年通过 SC-IGBP 的反馈信息作了进一步改进。在此感谢所有参加人员为 IGAC 研究议程的发展所做的贡献。

另外，最重要的是，感谢美国国家科学基金会、美国国家大气海洋局、美国国家宇航局、欧洲优秀网络公司以及中国科学院（台北）给以 IGAC 的大力支持。

最后，感谢 IGBP 新的科学编辑 Erik Huss 为计划书最后定稿中的审阅。

目 录

一、执行概要	(1)
二、引言	(4)
三、论题 1: 大气化学对增强或减缓气候变化的作用.....	(7)
问题 1.1 臭氧和它对气候变化的作用.....	(10)
1.臭氧的方法观测:	(10)
2. 输送研究:	(12)
3. 平流层-对流层交换:	(13)
4.深层对流:	(13)
5.平流.....	(14)
6.表面-边界层和边界层-自由对流层的交换.....	(14)
问题 1.2 气溶胶粒子的分布和特性以及他们的直接辐射效应对气候变化的影响..	(15)
1.地面观测.....	(16)
2.飞行器观测.....	(16)
3.目标试验.....	(17)
4.卫星观测.....	(17)
5.气溶胶粒子的可变性.....	(17)
问题 1.3 气溶胶粒子对云、降水、以及区域水分循环的影响.....	(19)
1.实验室研究.....	(19)
2.观测.....	(20)
3.模拟:	(21)
问题 1.4 气体和气溶胶排放/沉积物对气候强迫的空间模式的影响.....	(21)
四、论题 2: 排放和沉积物的远距离输送以及化学转化和输送对空气质量和对流层成分的影响	(25)
问题 2.1 氧化物、气溶胶粒子以及气溶胶前体物的输出、输送和转化.....	(26)
1.研究议程:	(29)
2.研究工具.....	(30)
问题 2.2 陆地间的输送对空气质量的影响.....	(31)
研究方法:	(33)
问题 2.3 人类活动对大气清洁能力的影响.....	(34)
研究方法;.....	(35)
五、执行决策	(37)
1.交流.....	(38)
2.项目办事处.....	(38)
3.与其他项目的联接.....	(38)
六 参考文献	(40)
七 缩略语	(46)

一、执行概要

国际全球大气化学计划 (IGAC), 创建于 20 世纪 80 年代末期, 专门从事已经引起了国际关注的地球大气的快速变化方面的研究。IGAC 计划是在国际地圈-生物圈计划 (IGBP)、大气化学和全球污染委员会 (CACGP) 及国际气象和大气科学协会 (IAMAS) 的共同赞助下创立的。

过去十年中大部分由 IGAC 发起和共同合作的国际研究, 已经大大提高了我们对对流层的化学成分、输入、输出对流层的通量以及在对流层内控制输送和改变化学成分的过程的理解和认识 (Brasseur et al., 2003)。通过大量的计划和行动, IGAC 已经建立了一个由全世界的科学家构成的研究团队, 提高了对全球大气化学认知的国际合作。

IGAC 在它的第一个十年内的主要工作是直接对人为排放对 “背景” 大气的影 响进行评估 (这里 “背景” 大气定义为, 与排放源有一定距离的区域内的大气)。然而, 仍然存在一些焦点问题, 如观测到的全球/区域成份浓度的平均趋势明显地比背景自然变化值高, 现在我们已经充分认识到人类活动在局地、区域和全球尺度上都扰动了大气的化学成分。这些扰动主要来自于化石燃料/生物燃料的燃烧和其他工业过程的排放过程; 生物燃烧的人为增加, 以及通过人为导致的土地利用变化而增加了矿物尘埃的漂流和输送。

在区域尺度上, 空气污染 (这里定义为由人为排放引起的污染物浓度和沉积量的升高) 是一个严肃的问题, 这个问题正在世界很多地方都在不断地出现。此外, 越来越清楚地是一个地方的污染物可以很迅速有效地被传输到其他地区 (如, 从亚洲到北美再从北美到欧洲), 使得局地排放变成了国际问题。在中纬度工业发达的北半球, 地表臭氧和颗粒物浓度的增加是从人类健康的角度引起关注的。而且, 世界最主要的农业区和工业发达人口众多的地区同时处在北半球中纬度。因此, 区域空气污染将对世界粮食生产的影响是非常大的。

在世界的其他地区, 比如热带和热带以外的亚洲和非洲, 人为排放 (已经非常高) 计划会在未来几十年内由于能源的增加和因人口增长带来粮食需求的增加而大量增加。另外, 大城市 (人口大于 100 万的高密度城市) 的发展和扩大以及城市块 (一个核心城市, 其周围都是用于在一个区域内作为大点源的卫星站点) 将在他们进行区域和全球大气化学研究中必须要考虑。过去十年的国际研究已经

揭示了大量的社会面临的大气化学问题面临社会以及研究和管理一个整体的地球系统的挑战。

这些问题和挑战在 1999 年到 2000 年的好几次 IGAS 研讨会和座谈会中进行了讨论。在未来几十年中将会实施 IGAC 目标和研究议程。

IGAC 目标:

了解答其化学在地球系统和决定区域排放和沉积物、远距离输送和化学转化对空气污染的作用。

未来几十年 IGAC 的研究议程包括七个研究论题,把它们分成两个研究主题。

论题 1.大气化学对增强或减缓气候变化有什么作用?

问题 1.1 臭氧及其对气候变化的影响

- 1.臭氧
- 2.传输研究

问题 1.2 气溶胶粒子的分布和特性以及他们的直接辐射效应对气候变化的影响

- 1.地面观测
- 2.飞机观测
- 3.目标试验
- 4.卫星观测
- 5.气溶胶的可变性

问题 1.3 气溶胶粒子对云、降水、以及区域水文循环的影响

- 1.实验室研究
- 2.观测
- 3.模拟

问题 1.4 气体和气溶胶排放/沉积物对气候强迫的空间分布模式的影响

论题 2. 排放和沉积物、它们的长期输送以及化学变化对空气质量和对流层的化学成分的影响

问题 2.1 氧化物、气溶胶以及气溶胶前体物的输送、传输和转化

- 1.研究议程
- 2.研究工具

问题 2.2 陆地间的输送对地面空气质量的影响

研究方法

问题 2.3 人类活动对大气清洁能力的影响

研究方法

这些全球性的研究问题的解决需要国际大气化学研究团体和不同学科间的国际协调与合作，以便 i) 精确地确定大气中现存的长期和短期的化学成分的全球分布，并证明他们随时间变化的浓度；ii) 对于控制大气中的化学成分分布的过程和它们对全球变化以及空气质量的影响提供一个基本的认识和理解；iii) 通过结合我们对大气过程的认识与地球系统的反馈和响应来提高未来几十年内我们对大气化学成分的预测能力。

这些研究结果可以为决策者们提供必要的工具制定好的政策来管理大气以及它对全球变化的作用。提高公众意识对于保证这个新认识造成公众态度、政策及法律的变化也是至关重要的。

二、引言

过去一个世纪，人类已经大大地改变了大气的化学成分。由于工业增长，运输以及集约型农业而引起的全球排放已经造成了大气中光化学氧化物、酸性气体、气溶胶以及一些其他有毒化学成分浓度的增加。许多这些污染物对人类健康和/或由自然控制的生态系统的生存有不利影响。

此外，化石燃料燃烧的增加伴随着农业方面生物量燃烧的增加、化肥使用的增多、作物副产品的腐烂、以养料和纤维喂养的动物产品的增加等等导致了几种主要温室气体如二氧化碳、甲烷和氮氧化物排放量的增加。然而，这些排放的温室气体有相当一部分被海洋和陆地生态系统吸收了，剩下的都聚集在大气中，改变大气的化学组成。在 20 世纪的观测中，辐射特性活跃的痕迹气体和大气中粒子的变化似乎对气候趋势有主要作用，尤其是过去几十年来的气候变暖。预测的气候变化的影响包括破坏农业生产、洁净水的供应、陆地和海洋生态系统以及疾病的种类的变化。海平面的大大上升和极端天气事件发生频率的变化也可预测到。所有这些对生物地球化学循环的严重影响都会加剧大气成分的变化并进一步对气候产生影响。如果目前的这种趋势不被加以阻止，有可能大范围内扰动气候系统的其他成分。人为排放是导致气候类型转变的主要变数，使得精确预报困难很大。

二十年前，科学计划从事的全球对流层化学和气候变化研究都是刚刚起步。几乎没有可用的对流层成分的大尺度观测资料，许多远距离输送的化学变化机制不清楚，而且全球大气化学模式还比较粗糙。过去十年中大气化学研究已经很多。我们已经掌握了许多重要的大气化学成分的全球循环（源、输送、汇），而且现有的卫星观测已经提供了大量的关于平流层化学成分的数据。大气化学过程的多平台研究已经在前所未有的尺度上开始进行。全球化学输送模式现在可以比较成功地模拟对流层内主要化学成分的分布，并能模拟未来不同大气情景下的全球大气成分。另外，寿命很短的一些辐射活性物质如臭氧和气溶胶目前在许多全球气候模式中都作为活性物质来模拟。随着现在对大气化学成分科学的认识，目前已经清晰地意识到对于大气成分和地球系统的其他成分之间的联系的了解的必要性。十年前，“地球系统”这个概念还是很模糊的。例如，变化的气候和陆地排放，或变化的气候和大气化学组成之间的反馈作用以前并没有包含在模式中。现

在,我们已经对地球系统过程中的大气化学的作用有了更多定量的理解并发展策略把这些知识结合到我们的预测能力中。

全球对流层大气化学以及它和气候变化的联系已经不仅引起了科学团体的注意,而且也引起了政府和企业决策者的注意。随着社会各界对环境的重要性的认识的提高,大气化学研究和环境政策的规划的联系已经在过去几十年中大大增加。在有些情况下,已经制定了减少排放的国际条约,也采取了保护全球环境的行动。虽然对于大气中的化学系统过程的理解有了一些进展,但我们的预测能力仍然很低,尽管预测对于决策制定很重要。空气质量和气候变化预测方面的不确定性仍然很高。另外,在化学-天气、化学-气候以及化学-生态分界面上出现了新的有挑战性的问题,需要在以后引起更多的关注。

国际全球大气化学计划(IGAC),创建于20世纪80年代末期,专门从事已经引起了国际关注的地球大气的快速变化方面的研究。IGAC计划是在国际地圈-生物圈计划(IGBP)、大气化学和全球污染委员会(CACGP)及国际气象和大气科学协会(IAMAS)的共同赞助下创立的。IGAC的第一个十年的贡献主要是大气化学方面的进展,以及最后主要的综合行动。

1999年初,作为IGAC综合行动的一部分,举行了一系列讨论和研讨会来确定未来十年大气化研究面临的挑战—称为IGAC第II阶段。这些讨论定义了IGAC目标和七个研究论题,它们分成两个主题。

IGAC 目标:

了解答其化学在地球系统和决定区域排放和沉积物、远距离输送和化学转化对空气污染的作用。

IGAC 两个研究主题: i)大气化学对增强或减缓气候变化的作用; ii) 排放和沉积物、它们的长期输送以及化学变化对空气质量和对流层的化学成分的影响; 这些研究主题和七个论题在下面将要描述。另外,在每一个论题里,列出了需要的观测和模拟方法。不同论题里面的观测和模拟方法有重复的,IGAC行动会经常补充完善几个论题。

尽管IGAC的主要论题还是对气体和气溶胶成分和大气化学的延续,研究主题和论题认识到大气、水、生物圈和土壤形成了一个整体系统,它的成分决定了未来地球的演变。因此,IGAC的研究工作要和IGBP的其他团体和ESSP共同

合作。许多有关的研究问题需要对大气和海洋、大气和陆地之间的化学交换，大气平流层和对流层之间交换有很好的了解，对于对流层，IGAC 过去已经做了很多的研究。这些方面，IGAC 将会与 SOLAS（大气低层-海洋表面研究）和 ILEAPS(综合陆地生态系统-大气过程研究)及对流层过程和它们在气候变化中的作用项目（SPARC）紧密地合作。IGAC 将从 GEIA（全球排放库存量）工作组和 AIMES（分析、综合和模拟地球系统）项目团体中互惠互利。

三、论题 1：大气化学对增强或减缓气候变化的作用

在过去十年中，大气化学研究团体已经确定和定量分析了有些辐射活性物质的分布。然而，总体来说，计算这些变化气体的辐射强迫的科学理解水平还很低。IGAC 的一个主要论题将是减少计算气候系统中辐射强迫的不确定性，从而搞清大气化学对增强或减缓气候变化的作用。

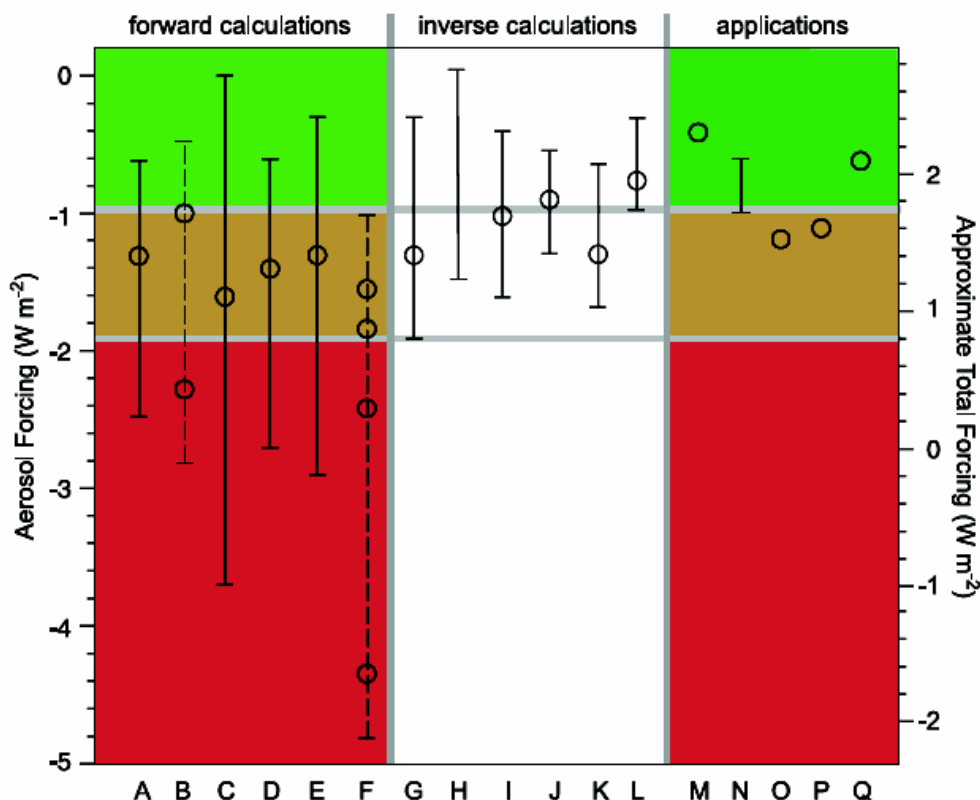


图 1 全球工业时期平均人为气溶胶强迫（左轴）由前向和反演计算法估计，并已经应用。前向计算方法以大气气溶胶物力和化学为基础。反演计算指需要匹配模式模拟和观测到的气温变化的强迫的气溶胶强迫。应用值来自人为气溶胶作为气候变化的模式研究中得到的。有圆圈的误差柱是中心值和 95% 的信度。空的误差柱是定的区域。方块代表用可选的公式计算的特殊强迫。右轴代表工业时期总的强迫，假设没有气溶胶强迫 2.7 W m^{-2} 。

通过大气组成计算辐射强迫有关的部分不确定性存在于大气背景的定义和这个背景的自然变化中。“背景”大气，除了 IGAC 的几十年研究和其他项目外，定义一直是很不详细的。过去大气化学研究的一个教训是这样的地区似乎不存在，甚至是最遥远的地区，如太平洋中部和极地对流层，也在过去几年中或多或少受到了人为排放的影响。

通常是用来描述不受人类影响的遥远地区的大气的化学性质。过去大气化

学研究的教训之一就是这种不受人影响的地区似乎已经不存在，甚至是在最偏远的地区，因为太平洋和极地平流层显示受人为排放的影响至少有好几年了。

对模拟前工业时期的大气化学已做了很多尝试，但是模拟研究的不确定性太高而且结果变化很大。前工业时期的痕迹气体的观测太稀少（大部分都不确定），用于评估很不可靠。在定义背景大气时，是否有必要考虑气候变化的间接影响也很不确定，例如，环流形势（源/汇区）的变化和降水可以对大气化学产生影响。此外，环流的自然变化和排放模式本身可能比较复杂，这在定义“背景”状态时需要考虑。然而，除了自然变化，为了确定目前和未来由于人类活动造成的变化需要有一个参考状态，并且要在社会-政治背景下评估这些变化。我们对背景大气状态和它的自然变化的进一步了解将会对未来所有的 IGAC 项目都是一个基础。

Experiment Substance	Regions
ACE 1 Marine “background” aerosols	Southern Ocean South of Australia
ACE 2 Aerosols from Europe	Sub-tropical NE Atlantic
AER99 Dust African dust sources	Tropical Atlantic
AER99 BB Aerosols from biomass burning	Tropical Atlantic
IND Arabia Aerosols from Arabia	Northern Indian Ocean
IND Poll Aerosols from India	Northern Indian Ocean
AA Poll Pollution from Asia	E. coast of Japan, sea of Japan, E. China Sea
AA Poll+Dust Pollution/Dust from Asia	E. coast of Japan, sea of Japan, E. China Sea
NEAQS Cont Pollution/dust from U.S.	U.S. Eastern Seaboard

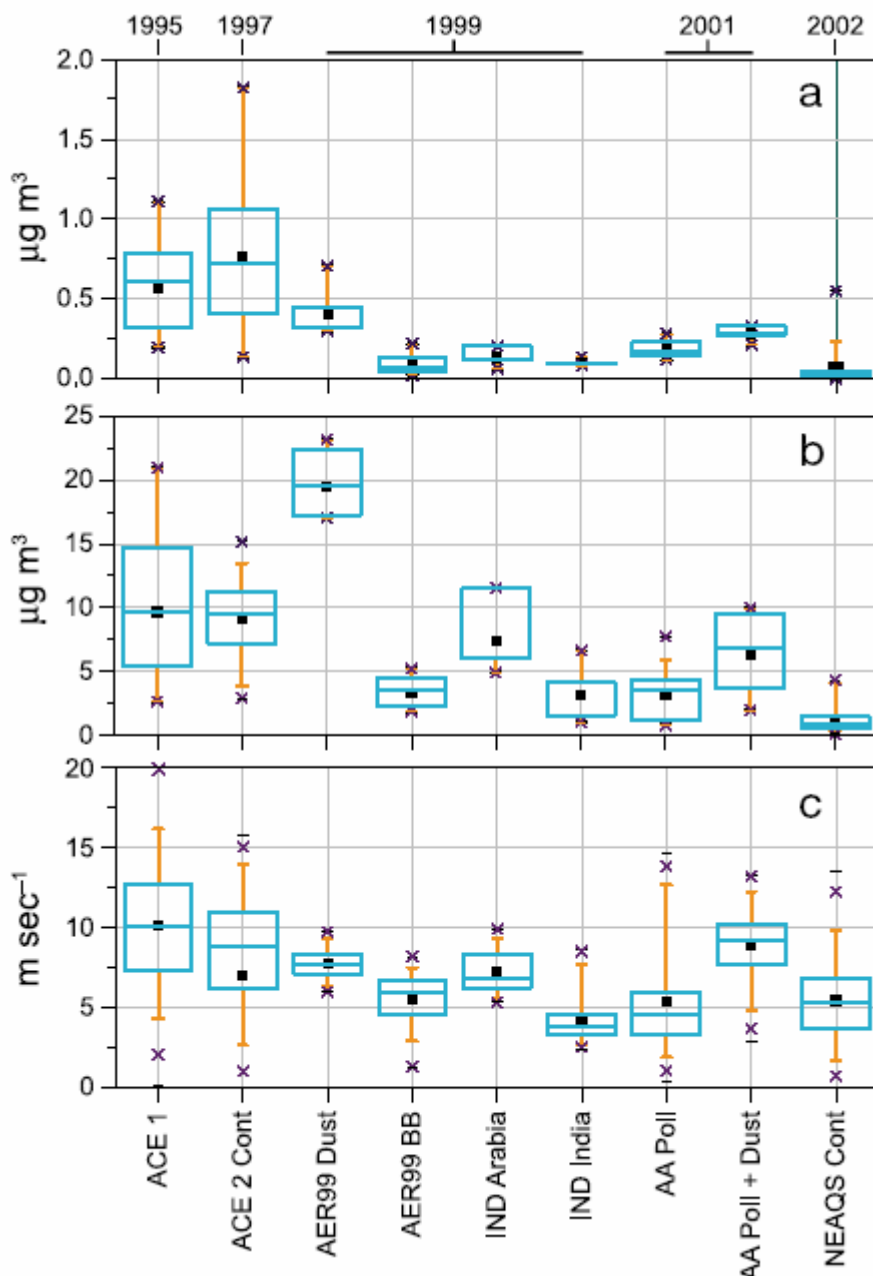


图 2 小尺度(a)和极小尺度(b)区域的海盐浓度和相对湿度为 55±5%时的实际风速(c)箱图。箱值为 25th,50th,和 75th 百分点,黑方块表示平均值,金色柱表示 5th 和 95th 百分点,叉表示 1st 和 99th 百分点。灰色柱表示最大最小值。

IGAC 研究所涉及到的议题被分成四个问题,i)臭氧和它对气候变化的作用;
 ii) 气溶胶粒子的分布和特性以及他们的直接辐射效应对气候变化的影响;
 iii) 气溶胶粒子对云、降水、以及区域水文循环的影响;iv) 气体和气溶胶排放/沉积物对气候强迫的空间分布模式的影响。每个论题都是考虑在变化的气候系统中。

问题 1.1 臭氧和它对气候变化的作用

这个论题考虑了平流层-对流层交换、人为和自然排放的相关作用，以及光化学过程和对流层传输在控制臭氧和它对气候变化的作用。

臭氧是氧化性很强的中间物，其对流层中的前体物影响人体健康（通过损害肺部组织）和植物健康（通过损害叶面）。当颗粒物和臭氧同时影响人体健康时，对植物的损伤（包括本地植被、森林和农作物）大部分主要是臭氧造成的。在发达中国家，农作物主要生长在臭氧浓度最高的夏季，这将使得农作物产量下降。在很多发展中国家，臭氧含量和农作物需求同时增加，使这个问题成为可持续发展的议题。

IGAC-1 中，大气臭氧覆盖度观测（绘图学和气候学）已经有所增加，影响臭氧光化学和输送的过程已经取得了很大进展。另外，从零维到耦合的全球化学传输的不同尺度的模式已经大大提高了解译观测和回顾并预测未来的能力。实地观测和模拟提高了由新一代卫星设备提供的全球绘图学的能力。

IGAC 要解决三个对流层臭氧化学的研究议题。首先，IGAC 要努力提高对流层臭氧观测以及相关的要素和参数的空间，垂直和时间分辨率以便确定控制臭氧及其对气候变化的影响。第二，IGAC 要研究对流层臭氧的源和汇的输送过程。深层对流混合以及平流层-对流层的交换把这个问题和 SPARC 紧密联系起来。边界层交换和远距离水平输送把这个议题同问题 2.2 联系起来。第三，IGAC 要研究与臭氧（以及其他氧化物）的形成和破坏过程有关的基本的化学过程（见 2.3）。

1. 臭氧的方法观测：

对全球臭氧分布绘图需要好多种方法：卫星观测、现场观测和模拟。在 IGAC-1 中，卫星观测仅限于对流层气候和中纬度浓度的观测。更精确的方法可以在热带和亚热带地区提供逐日实时的对流层臭氧观。然而，资料的覆盖面积和精确性还是比较有限，而且云和气溶胶之间相互影响。

在 IGAC II，新一代臭氧传感器（三个在 NASA Aura 卫星上以及大气绘图欧洲空间吸收光谱图像扫描仪 SCIAMACHY）将会启动。这些将随着 MOPITT 和其它仪器对一氧化碳和甲烷开始观测。卫星可以观测臭氧和其他痕迹气体的柱总量；面临的挑战是使用这些仪器获得的资料发挥他们的最大优势。卫星同化资料模式正在发展，这将为我们提供显而易见的预测能力。

臭氧和其他化学物质的现场观测需要标定以便更好地确定臭氧光化学收支以及给定范围内化学和动力过程的交换。需要在规定的地点和间隔内从探测和商业飞机上做垂直剖面。由空中巴士飞机提供的臭氧和水汽观测项目以及常规大气飞机观测项目可以从商业飞机上提供现场观测的垂直剖面图。普通的臭氧无线电探空仪网络可以记录大尺度的臭氧变化、对流层-平流层臭氧的交换，污染层、对流输送、季节和年际变化，以及垂直结构。

通常的探测仪也是获得全球平流层臭氧趋势的关键。在 WOUDC（世界臭氧和紫外线资料中心，加拿大环境中心，多伦多），臭氧无线电探空仪资料可以存档让大家使用。IGAC 第一阶段的后半期，在南热带和亚热带调节臭氧无线探空仪发射成功，可以在那些严重缺乏样本的地区获得 1300 多条臭氧廓线（图 3）。气球在卫星观测和其他活动中发挥了很大作用。例如，在 IGAC-SAFARI-92(南非大气研究启动)和 NASA-TRACE-A（赤道-大西洋附近大气化学和输送），一百多个臭氧探空仪获得的资料从邻近两个大陆来评估南大西洋臭氧污染的相对贡献。世界卫生组织的全球大气监测（WMO'S GAW）行动是为提高臭氧探测能力来发展全球变化的国家观测计划的机构。IGAC 也可以与 IGOS-P（综合全球观测系统）合作来发展一个更完善的全球网络，并且便于将气球观测和正在发展的卫星观测和模式模拟结合起来。

对流层臭氧的收支主要受对流层内光化学生成和消耗的控制。为了确定和预测臭氧的变化趋势，了解臭氧前体物的分布和收支是很必要的。臭氧的许多主要前体物的分布由于他们相对短的寿命和分散的排放源而变化不均匀。例如，氮氧化物的混合比可以变化几个数量级，从高污染城市中心的几百个 ppbv 变化到偏远对流层的几个 ppbv。有些碳氢化合物，尤其是自然排放的碳氢化合物变化很小。主要氮氧化物和碳氢化合物由于变化很大而且我们在这方面知识的缺乏使得在模式中准确模拟这些臭氧前体物的分布很困难。因为臭氧的光化学产物是碳氢化合物和 NO_x 浓度的非线性函数，由模式计算的臭氧收支存在很大不确定性，因此模拟臭氧前体物时有困难。因此，了解臭氧前体物的分布和收支是很关键的。臭氧前体物的观测不仅提供这些要素的分布信息，而且可以作为评估模式能力的关键检验内容。

臭氧前体物的原地观测，包括 NO , NO_2 , NO_y 和大量的 NMHC，在 IGAC 野外观测的陆地观测站和飞行器上都获得很大成功。尤其是，在像太平洋、大西洋

以及印度洋这些偏远地区的飞行器观测大大提高了我们对于臭氧及其前体物的分布和收支方面的知识。这些观测还需要继续进行。同时进行的臭氧和臭氧前体物的卫星观测很可能能够通过大大提高资料的时间和空间覆盖度来更新我们对臭氧和臭氧前体物的分布和收支的知识。最后，卫星观测会提供与对流层-平流层交换有关的一些有助于引起关键科学问题的主要痕迹气体的分布。

特别需要的其他观测是对稀有氯化物的收支和分布有主要贡献的那些成分，比如 OH 和 HO₂。像臭氧一样，这些对于大气清洁能力也是很关键的。水汽是产生 OH 和 HO₂ 的主要成分。水汽的精确观测和好的时间空间覆盖度也是很缺的，尤其是在对流层上层和平流层下层。H₂O₂, CH₃OOH, CH₂O, 丙酮，以及其他相似的有机物已经显示出在对流层某些特定的区域是 OH 和 HO₂ 的重要源。对这些成分的卫星观测目前正在发展。

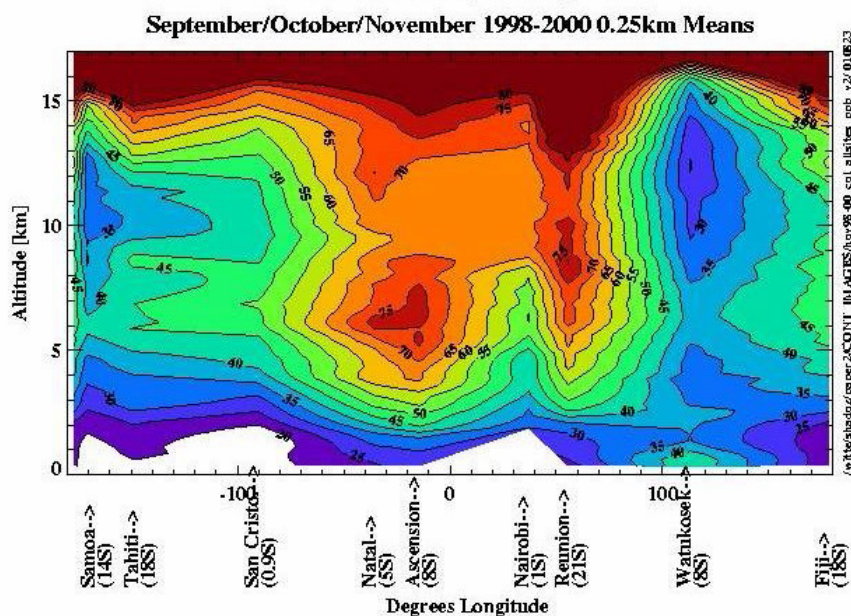


图 3 SHADOZ 基础上南热带大西洋上空 1998-2000 年 9-11 月份 0.25km 等值线臭氧平均值。对流层顶比薄薄的屏障更像一个层，臭氧的光化学和动态输入对臭氧浓度显出很大贡献。

2. 输送研究:

IGAC 将研究对影响全球对流层臭氧分布的四个动态过程:

- i) 通过大尺度环流和小尺度过程（就是对流层顶加厚）的交换。
- ii) 深层对流。
- iii) 大尺度平流。

iv) 地表、边界层以及自由对流层的交换。

3.平流层-对流层交换:

起初认为,对流层的所有臭氧都来源于平流层,主要是由于相对长的光化学生命期和中纬度地区辐合的关系以及热带地区的大尺度环流和混合。由于被污染地区的臭氧光化学源变得很明显,模式显示,全球范围内光化学源可输送,因此化学的作用引起了更多的关注。IGAC 在开始阶段主要用试验或模式来阐明在区域到全球尺度上产生臭氧的过程。这些包括城市地区的燃烧,偏远地区的生物燃烧,以及闪电(它是臭氧前体物-氮氧化物的主要源)。

目前的观测主要针对决定对流层臭氧浓度的动力和输送的关键作用方面,但是结果显示,动力的作用远远超过了对流层-平流层的交换。例如,把热带地区对流层顶当作平流层和对流层之间的屏障的观点已经用飞行器和探测仪的臭氧和痕迹气体的资料被推翻了。亚热带地区平流层臭氧能渗透到 2-3 公里与低压系统分离点和大槽相连接。另外,通过热带自由对流层有一个带状波特征,臭氧在大西洋上比太平洋多 10-15DU。整年都存在波动。尽管季节性的生物燃烧对南大西洋“臭氧最大值”和波动有贡献,但所有季节的闪电和臭氧在对流层上部和平流层下部的沉积也是如此。

天气尺度系统里复杂的动力过程在局地 and 全球尺度上影响臭氧含量。20 世纪 90 年代中纬度地区的观测显示,对流层顶加厚是很常见的。卫星臭氧观测中,锋的边缘有明显的梯度。在极地锋,平流层气流入侵对流层是明显可见的。在这些平流层特殊现象的附近,可以辨别从陆地到陆地污染物的传送带输送。同样的方式可以看出中纬度地区的大部分臭氧污染物事件与潮气的深入,亚热带的空气越过常规的热带纬度有关。总结起来,我们必须记住空气块是不知道纬度界限的,关于热带-亚热带-中纬度-极地地区的定义是可变的。

过去的 20 年里,卫星资料显示出臭氧和与热带气候可变性有关的过程之间存在联系。由于厄尔尼诺,发生在 1997 年印度尼西亚的火灾污染,由动态扰动产生的对流层上层臭氧的大量增加可以与大印度洋盆地上空由于高热所产生的臭氧量相比较。

4.深层对流:

在 20 世纪 80 年代中期观测的基础上,一些与 IGAC 有关的和其他研究已经

把对流作用确定为边界层空气引入自由对流层的机制。有深层对流的地区，表面的气体和气溶胶可以漂流到边界层，这将明显延长他们的寿命。这对对流层上层（平流层下层）化学和这些物质对辐射的影响都是有一定含义的。导致对流层和平流层空气混合的深层对流渗入对流层顶的程度目前正在确定。在热带，深层对流渗入到对流层上层过程中迅速减少量已经被定义为热带对流层顶层（TTL），这个层有几公里厚，然后从第二个热带对流层顶（12-14 公里）延伸到热带对流层顶（16-18 公里），由最小温度确定。这些层（包括水汽的气候特性和卷云的发展以及辐射强迫作用）的性质是一个加紧研究的主题。水汽、甲烷和其他化学活性强的物质到对流层底层的输送是 SPARC 很关注的问题。IGAC 在第二阶段将与 SPARC 在对流层-平流层交换研究方面紧密合作，比如它在控制各种物质的作用及其在一个可变的气候系统中如何变化。

对流不仅是个有效的输送机制而且对通过对流性降水将化学物质从大气中清除非常重要。尤其是，对流云中冰晶的作用是至关重要的。对流还可以产生闪电，大部分集中在陆地，就像卫星和地面闪电探测器观测到的一样。氮氧化物通过闪电导致臭氧的形成。评价对流对全球臭氧的作用就是结合模式的观点，尽管对流和闪电的参数化是模式中可变的成分。

5. 平流

IGAC 发起的许多区域场研究（如 APARE, NARE, 南热带大西洋区域试验）尤其是气溶胶特性试验 ACE-Aisa）已经显示出污染物输送的全球影响。20 世纪 90 年代在印度洋地区和热带太平洋的研究发现在人类活动影响相对自由的地方污染物浓度就高。也已经有清楚的证据发现污染物从北美输送到欧洲和从亚洲输送到北美。这对于污染物的汇以及了解全球化学活性物质分布控制元素都有重要意义。特别需要掌握人口密集的地区在区域和全球范围内如何影响大气化学成分，尤其是依据全球给定城市化的速度。因此，ITCT（国际输送和化学转化）是 IGAC 最近发起的预期成为驱动 IGAC 的主要活动。

6. 表面-边界层和边界层-自由对流层的交换

边界层的化学过程决定源区臭氧的浓度。从生物圈/水圈和人类活动的输入提供了形成臭氧的痕迹气体。边界层内的化学转化涉及的复杂化学过程是很重要的，但边界层和自由对流层之间的相互作用决定了更大区域到全球的影响。从边

界层到自由对流层臭氧和其前体物的通量测量不足而且模拟也不够满意。需要多尺度模式来正确描述。如,对臭氧、前体物和相关其他气体(如:CO,HCHO,BrO)全球的卫星观测很有用,尤其是如果垂直分辨率可以提高的话将会增加卫星观测的作用。

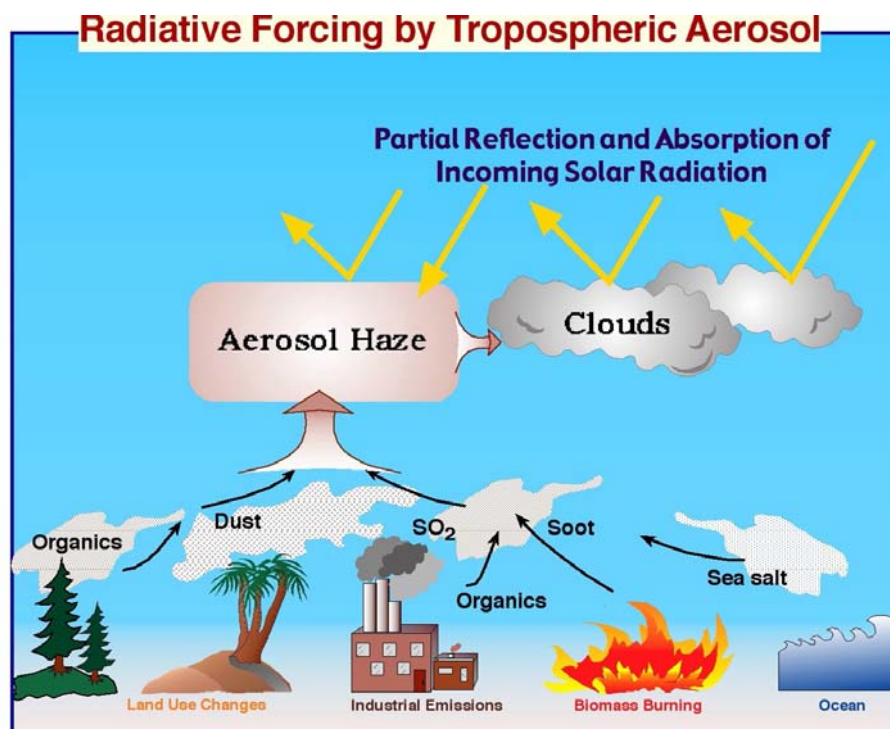


图 4 对流层气溶胶的辐射强迫：气溶胶吸收和散射太阳辐射并作为云凝结核因此决定了最初云滴的数浓度，反照率，降水的形成和暖云的寿命。

问题 1.2 气溶胶粒子的分布和特性以及他们的直接辐射效应对气候变化的影响

大气气溶胶粒子是目前评估人为辐射强迫中不确定的最大源区。他们的为物理和化学特性很复杂，而且其空间分布（垂直和水平）也变化很大。要好好了解控制气溶胶成分和分布需要提高气候预测并指导可持续发展。现存的或即将运行的卫星将对全球气溶胶粒子分布的知识提供非常好的机会。然而，了解气候扰动，气溶胶的辐射效应不仅必须要量化而且必须归因于化学成分，最终归结于源。

问题 1.2 面临的挑战是要对气溶胶的辐射特性和气溶胶化学成分联系起来对全球气溶胶粒子作一个评价。目前源浓度和主要气溶胶成分的寿命的巨大不确定性要求评估必须以观测为基础。观测的化学性质、全球气溶胶光学厚度（AOD）将为评估目前由人为气溶胶粒子造成的直接气候强迫以及评估过去和未来气溶

胶的影响提供基础, 这些影响还包括那些与前工业时期有关的气溶胶(如沙尘和生物燃烧), 以及在各种排放情景下的气溶胶源变化计划。

问题 1.2 为 AOD (包括它的空间和时间变化) 探索最好的评估方法, 并根据主要气溶胶的化学成分(即, 硫酸盐、有机物、黑炭、硝酸盐、沙尘、以及海盐, 见图 4) 探索气溶胶光学厚度的性质。当卫星和化学输送模式必要地在全球尺度上运行时, 直接气溶胶化学测量方法总是在区域尺度上进行。全球性的描述需要气溶胶探测卫星、化学传输模式以及实地观测。IGAC 的主要作用是获得不同地域的高质量的、连续、科学有效的资料。另外, IGAC 将提供一个确定最关键地区和过程的论坛, 主要为了鼓励科学团体关注这个全球性描述的最主要的缺口。

起初, 将通过化学输送模式的比较, 卫星获得的气溶胶光学厚度气候性质的比较, 以及最近研究结果的综合分析对全球 AOD 和以自然和人为成分为主的 AOD 作初步的评估。这些工作也可以确定目前 AOD 评估中主要源的不确定性。

1. 地面观测

有一些组织近来支持地面气溶胶化学观测方法, 虽然有一些观测点已经为样本和报告资料调整了方法, 甚至有些配置了长期维护, 也有同期的 AOD 观测。AOD 化学性质的地面观测站的利用是基于边界层内化学性质各向同性和边界层气溶胶粒子主导整个大气中的 AOD 的假设上。验证这些假设的闭合柱协调试验中, 地面化学资料将在全球评估中发挥主要作用。然而, 考虑到的协调将需要: (i) 观测方法必须一致而且要资料质量明确; (ii) 需要配备化学观测和 AOD 观测, 还有, (iii) 当地的资料必须放在主要档案中以便在化学输送模式和 AOD 卫星观测中综合分析。

两个主要项目在 5 年内完成, (1) 在那些已经用了化学测量方法的污染地区实施校准好的 AOD 观测, (2) 在选定的 AERONET 地点执行气溶胶化学观测, 这不仅为卫星校准和评估有用而且是研究气溶胶粒子的一个工具。

2. 飞行器观测

飞行器“闭合柱”观测试验已经在近年来有了很大提高。这些试验产品很受限制, 气溶胶粒子工具在垂直分辨率方面的信息为 AOD 性质提供了良好的基础。AOD 评估需要在影响大的卫星覆盖地区收集统计有效的与卫星同期的大量数据。

飞行器能提供的另一种在卫星之外能为化学特性提供大范围、较规则的资料的方式将涉及飞行路线经过那些有大量气溶胶粒子的地区。这主要为评估气溶胶粒子水平变化尤其是全球大量气溶胶粒子边缘的变化。飞行主要在边界层内用特殊剖面来估计垂直变化或气溶胶粒子边界层，如果是在高处（如图5）。

3.目标试验

要解决基于模式和观测之间很大差异的关键问题,实验结果必须要和原地过观测过程相结合来估计模式参数的准确性和完整性. 需要组织充分的观测平台和手段的试验来控制特殊的化学或微物理机制. 这种目标控制研究依赖于同等模拟来确定那些特殊过程不清楚或可能有很大影响的地区. 例如, 亚洲和撒哈拉物质流动层硫酸盐,硝酸盐,和有机物对矿物沙尘的作用过程意味着 50%的沙尘 AOD 来自于人为的污染源. 这个问题就需要确定这些物质的源以及控制他们气相阶段的过程,气体-粒子的传输,以及通过实验研究其表面反应, 然后用拉格朗日试验方法在原地测量这些成分的演化. 高成本和高水平的协调观测气相和固相的化学演化过程有必要国际间的合作和投资.

4.卫星观测

这里设想的全球气溶胶的性质都将很大程度上以卫星观测为基础。原因是,这对于了解卫星观测的 AOD 受云的干扰的偏差程度是很必要的。目标研究可以评定气溶胶粒子的浓度是否在云周围比较高,化学成分是否有类似云的功能在变化。这些研究需要考虑从天气学(高压脊对应低压槽)到中尺度(有云混合的地区上升气流对应下沉气流)变化到个体云的尺度(把浓度中心映射成为从云的边缘的距离函数)

5.气溶胶粒子的可变性

除了提供气溶胶粒子自然性质的基本知识外,实际应用时还需要在次网格尺度上的变化情况来评定模式平均化的时间/空间的影响以及观测方法互相比较时间/空间影响的抵消. 另外, 研究可变性对于确定改变气溶胶粒子的成分和累积过程的特征时次和距离是非常关键的. 测量可变性需要在一定分辨率上获得一定的统计资料, 这个分辨率要比研究的尺度大一些并且在一定范围内要足够大能包含要研究的尺度.

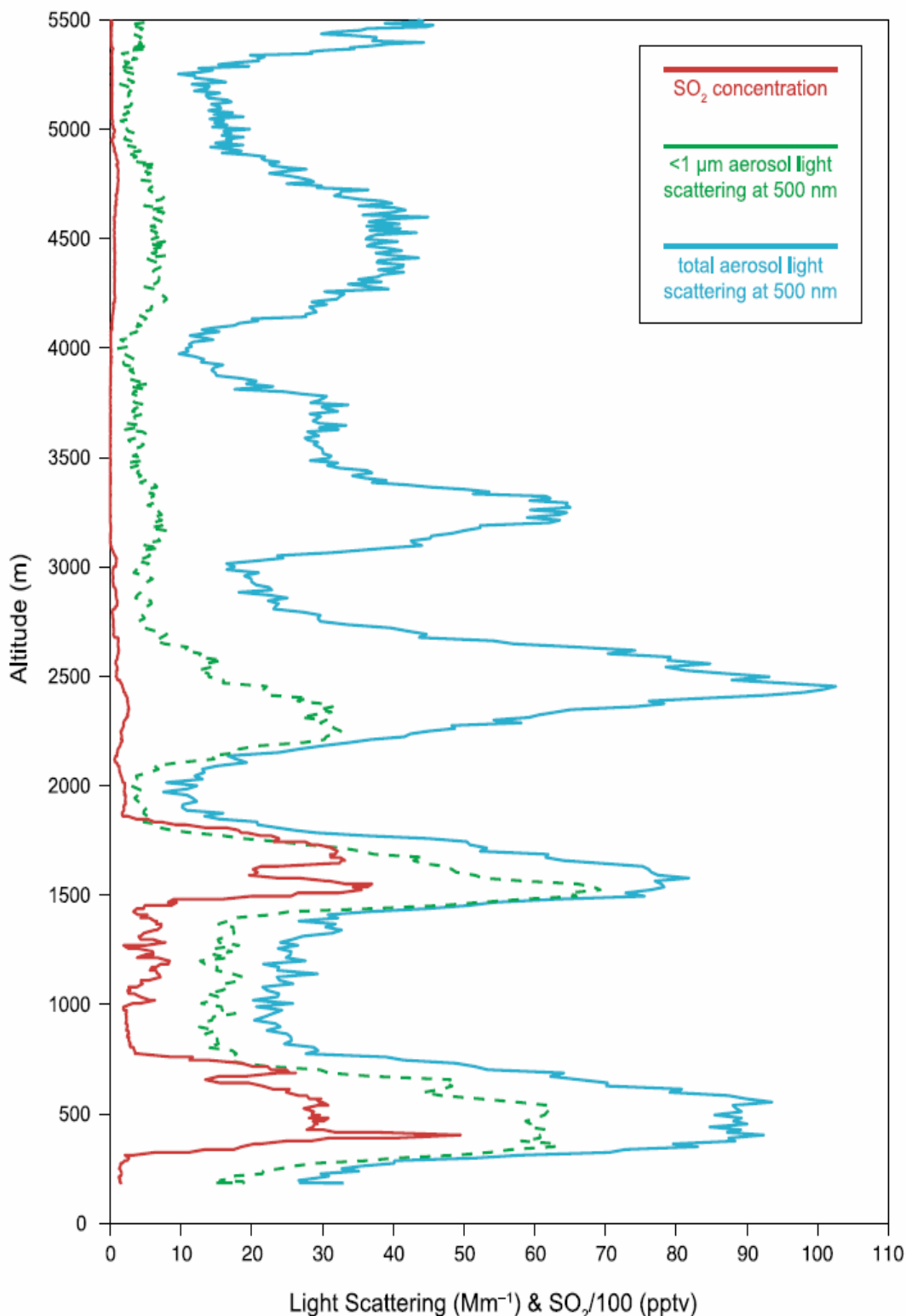


图 5 2001 年 3-4 月 IGAC 的 ACE-Asia 活动飞机观测显示出东亚地区气溶胶层的复杂性。这张廓线是 NCAR C-130 飞机在 Pyongyang 附近的黄海东部拍摄的，在沙尘和污染源的下风方地区观测到几百公里的高层结构。在 2 千米纬度以下，气溶胶由污染物控制；在 2 千米以上，细粒子气溶胶和二氧化硫降低，相反主要是粗粒子气溶胶。这种复杂的垂直结构显示在这个区域模拟大气化学面临的挑战，以及取回柱的整体值的卫星观测仪器面临的挑战。

问题 1.3 气溶胶粒子对云、降水、以及区域水分循环的影响

气溶胶粒子的间接辐射效应由于气候强迫成为目前最大的不确定。他们在气候系统中也表现出很重要的非线性特性。强迫(气溶胶粒子的浓度和性质变化),他们的效应(云的反照率,寿命,范围,或降水的发展等变化),气候响应(如表面温度的变化或降水模式及强度的变化),以及气溶胶和气溶胶前体物的共同变化之间的关系目前还不是很了解,估计是非线性的。这方面的主要挑战是连接造成影响的过程的尺度(千分尺的空间尺度和以秒计的时间尺度)和预期影响比较大的重要的尺度(区域/全球空间尺度和天时间尺度)。更大的挑战是把气溶胶间接影响的样本观测和区域-全球影响连接起来。

大气化学是了解气溶胶粒子间接辐射效应的核心,在基本水平上,我们需要了解并能够预测气溶胶粒子和气体合成到云滴的途径,以及他们影响云滴谱分布的发展,光学特性和云的相态。气溶胶粒子的化学成分(有机和无机成分)是这个议题的核心。我们需要用非线性反馈对多相态,多成分的动力学系统有一个深层了解。对于这个复杂问题需要更多的信息。因为其复杂性,任何有关气溶胶粒子间接效应的预测能力建立的策略都必须与观测(原地观测和遥感),实验室研究和模式发展相结合

核心问题是确定气溶胶粒子间接辐射强迫中气溶胶化学成分的作用。为了解决这个问题,我们需要确定不同气溶胶粒子和气体成分在云顶对微物理和辐射特性的贡献的过程,以及他们如何影响降水形成。这意味着我们必须确定各种化学成分对云的发展的影响,尤其是目前还不太了解的有机成分。另外,我们需要探测和确定由于气溶胶粒子的影响造成的云的特性的变化。探索这个影响的关键是要验证模式预测的正确性。

必须要真正关注问题 1.3,因为不可能同时解决问题的很多方面。为了改进与气溶胶特性、云反照率和降水发展问题的了解,问题 1.3 要把云、气溶胶微物理和化学的实地观测、云辐射特性的小尺度模拟过程与大尺度模式、飞机和卫星遥感观测结合起来

1.实验室研究

实验室研究能够探测那些在更多控制条件下可见或预期的过程。有机物的基本特性或有机物和无机物的混合物如水溶性、水溶液上的气压、表面活动等等

在大气气溶胶的大多数有机物还没有被确定，实验室研究应该来获得这些信息。这些量在建立气溶胶包括有机物的热力学平衡模式，以及进一步研究气溶胶-云的相互作用过程中都是非常必要的。

2.观测

观测可以对大气中所发生的事情提供最直接的信息，但是时间、空间和自然条件有限。重要的观测方法包括云底气溶胶粒子微物理和化学特性、云滴和有间隙的粒子以及云顶上升气流的辐射的微物理和化学特性的飞机观测，观测有助于我们了解有机和无机气溶胶粒子如何通过云的厚度到云顶影响云滴谱的微物理发展过程，在云顶云的辐射特性可以确定，这些原地观测可以和卫星获得的云的反照度、有效半径和降水结合起来。



图 6 法国和西班牙海岸轮船排放（轮船尾气）在海洋与对流层的空白区域发现。这张图片，于 2003 年 11 月 27 日从 MODIS 卫星拍摄的，轮船尾气较多的一天。然而，轮船尾气代表了一个气溶胶-云相互作用的实例，目前还不清楚认为气溶胶是否在全球尺度上造成了云辐射强迫的气候变化意义。

这个方法首先是在有机气溶胶粒子梯度比较大并且云含量较少的地方最有用。城市烟雾平流输送到相对无污染的海洋边界层，那里碳黑气溶胶有区域尺度的影响，例如中亚或亚马逊边界层的生物燃烧的烟雾。此方法的基本原理是在有

相同的动态特征但化学特征（气溶胶粒子和气体、有机和无机气溶胶粒子）明显不同的地区之间进行比较。这将有助于分开有机气溶胶粒子的影响，但是至今仍然停留在实际大气中的原地观测，

3.模拟：

模式在探究那些没有遇到的或没有观测到的情况以及预测能力中是很需要的。模式可以获取区域到全球的尺度的要素（非实地观测）并且能获取卫星无法获得的要素（即，垂直结构、云周围的影响、个体的化学反映）。因为只有原地和卫星观测无法对大气提供一个完整的描述，我们需要用模式来检验那些似是而非的由资料分析得出的机理或假设。模式用来研究更多涉及影响云的特性的有机气溶胶粒子。通过详细的模式研究，我们才能为建立在基本的物理和化学知识基础上的云研究方面的大尺度模式进行参数化。这将有助于确定哪些过程可以被大胆忽略或在大尺度模式中比较粗略地处理，哪些过程需要非常仔细处理。

问题 1.4 气体和气溶胶排放/沉积物对气候强迫的空间模式的影响

观测到的大气成分的变化为人类对地球系统的影响提供了最可靠动态的证据。对未来情景的研究表明，当各种人为因素和自然因素对气候变化起作用的时候，大气成分的不断改变也将在下个世纪成为决定气候的重要因素。因此这可能还是个很大的问题即使控制温室气体排放以便和联合国气候变化框架协议 UNFCCC 一致来稳定气候系统的变化。

大气成分的变化通过改变辐射活性成分的分布而相应影响气候，从而改变整个大气的能量平衡。在 20 世纪 90 年代和本世纪初，确定不同辐射活性成分的作用时已经有很大进展但是出现了不同程度的新的复杂问题。气候变化再也不能认为只有二氧化碳增加才能导致其变化，即使二氧化碳是最重要的温室气体之一，温室气体和不同类型的气溶胶粒子的综合影响也很重要。气溶胶粒子有降温和增温两种效应。对气候模式的确认、未来气候的情景假设、政策以及控制人类活动对气候的影响框架都需要考虑实际的和潜在的辐射活性成分大范围的变化。

我们对大气成分和辐射能量平衡之间的理解现在面临一些过去用于连接大气变化和气候模式以及政策框架时的简单近似。大气层顶辐射强迫的概念已经用于全球平均温室气体含量和气候模式中的辐射扰动表示的关系。然而，辐射强迫是为生命期较长的存在于整个大气中的那些气体成分建立的一个近似值。当这个

近似值用于生命期较短、有很大空间变化的成分时问题就立刻很明显（如图 7），同样地，辐射物不同方式的相互作用的影响，如气溶胶粒子和温室气体，可能无法在简单的气候模式中考虑进去。随着气候模式的时间和空间分辨率的提高以及区域模式的重视，重新检查和扩大大气成分的变化与地球辐射能量平衡的扰动之间的关系来获得不同辐射活性成分的作用的新的信息是非常必要的。

大气成分不仅仅通过辐射平衡和气温影响气候。气溶胶对云微物理特性的影响也可以直接影响降水。同时，气候系统中的生物圈也可以通过大气中的营养物质输送、污染物的物理作用、云的分布以及光化学活性辐射物的存在时间受到影响。

气候变化和地球系统的其他方面也会对大气化学有反馈作用。IPCC 的有些情景模式研究表明大气中升高的气温和水汽含量在本世纪能以 25-50% 的速度改变甲烷和臭氧含量的增加。自然排放和大气成分在大范围的沉积速度依赖于表面温度、风速和降水。闪电的发生频率对云顶温度是很敏感的，也是氮氧化物的重要源，这意味着气候变化和大气化学之间另一个潜在的直接关系。未来十年我们将面临的挑战是用一个比目前采用的考虑更全面的方法确定联接大气变化到气候变化的关键过程并用一些能提高大气科学在大气化学以外的使用方法准确量化这些过程。

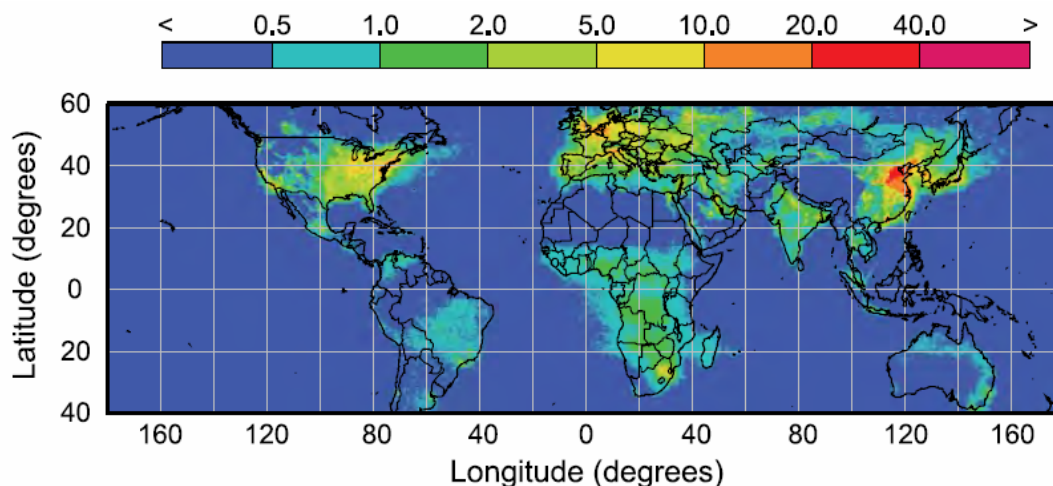


图 7 以卫星为基础的 SCIAMCHY 仪器得到的 2005 年年均 NO₂ 含量(10¹⁵ 摩尔/m³)。高 NO₂ 地区对应那些污染排放区（北美、欧洲、印度、亚洲、南非）和燃烧地区（巴西、美国中部、印度尼西亚和澳大利亚北部）。

IGAC 针对问题 1.4 要作以下一个或多个方面：(i) IGAC 在特殊大气成分如臭氧或不同化学成分如气溶胶粒子方面的研究上的一些综合结果；(ii) 大气化学

团体和其他科学团体的联系,包括那些涉及大气辐射物理,卫星观测,气候模式以及政策发展的一些团体;(iii)涉及大气成分的时间演化。

不是所有在 1.4 论题里进行的活动会期望有上面提到的特性,但是对他们的净效应在大气成分变化怎样影响并将在区域和全球尺度上影响气候方面该做一个全面的评估。

问题 1.4 包括大气化学研究团体和与其他学科的合作,其中一些也可以作为新的合作关系发展起来。需要发展和标定新的方法,包括发展遥感探测大气成分的方法(认识到前向模式与后向模式和推断辐射通量和大气成分之间的关系),为时间和空间延伸观测生命期短的辐射活性成分建立方法,比如,对流层臭氧,能使这种成份在气候模式标定中综合起来。用于区域和全球大气化学情景的模式标定是很需要的,因为模式和未来排放不一致,而且这个问题的解决将要求更进一步更仔细的与那些涉及观测和模式之间的目标合作。问题 1.4 的活动应该将辐射平衡和辐射活性物质的浓度的观测方法结合起来,以便研究个体辐射扰动的增加。

问题 1.4 中的活动可以提高我们对大气氧化速率的了解,这在利用大气化学模式时对未来情景可以建立更可靠的分析。例如,最近甲烷的增长速度接近零而且一氧化碳似乎在下降,出现的问题是情景模式表明二者都在增加,这是否一致?同时,需要提高对甲烷和其他气体的排放对大气辐射特性的间接影响,因为产物的成分在同时变化。

问题 1.4 调查一些如全球增暖潜势这样的概念时,通过分析和观测一些生命期较短的气体如一氧化碳和氮氧化物区域排放,浓度和辐射活性的作用时的实用性。响应 UNFCCC 而建立起来的政策框架具体化了全球增暖潜势(GWP)这样的概念,GWP 目前还没有考虑臭氧前体物和气溶胶粒子。问题 1.4 也要研究城市生物燃烧(如图 8)的作用,在大部分气候和化学追踪物模式中是小尺度的,也要结合排放物、浓度和辐射平衡观测方法。

需要通过大城市排放对大气辐射特性的净效应研究他们对区域气候的潜在作用。可以为像农牧业这样经济性部门开展相似的研究。IPCC 对飞机和大气的特别报告显示飞机排放的净效应与 GWP 基础上估计的直接温室气体完全不同。需要研究来提高气候变化和大气化学(比如闪电频率和分布的变化)之间的反

馈过程的了解并从这些反馈中得到的估计来校准模式。

问题 1.4 的议题都正在或多或少被其他研究计划考虑，然而，IGAC 获得的利益将会随着合作和协调不断增加。有些情况下,处理这些问题的协调活动可以由 ESSP 的其他组织来管理，但是，在 1.4 中，需要基本的大气化学，因此大气化学团体是很重要。IGAC 的作用将包括认证与 ESSP 适当的联系，大气化学团体的潜在贡献，以及与科学领导阶层的援助和合作活动的协调。1.4 成功的关键标志包括(i) 对气候模式更可靠的校准；(ii) 更准确的气候情景；(iii)对控制排放更周全合理的决策手段。



图 8 2002 年 6 月美国 Orego 南部轻度燃烧释放的烟雾，增加了陆地的反照率而降低了云的反照率。在甲板和平流层之间也发现了轮船尾气。

四、论题 2：排放和沉积物的远距离输送以及化学转化和输送对空气质量和对流层成分的影响

本世纪初的研究已经显示，即使生命期很短的物质如气溶胶和臭氧也可以在陆地间被输送。例如，在 2001 年 4 月初，强沙尘暴横扫中国西部的塔克拉玛干沙漠，蒙古东部的戈壁沙漠，以及东亚工业区，沙尘和污染物漂到对流层中(如图 9)。

IGAC 将研究陆地间的传输和短生命期成分的化学转化以及他们对区域气候和源的下风方向几千公里的地方空气质量的影响。研究活动提出的这些议题经分成三个主题：(i) 输出、传输和转化；(ii) 对空气质量的影响；以及 (iii) 对大气氧化能力的影响。

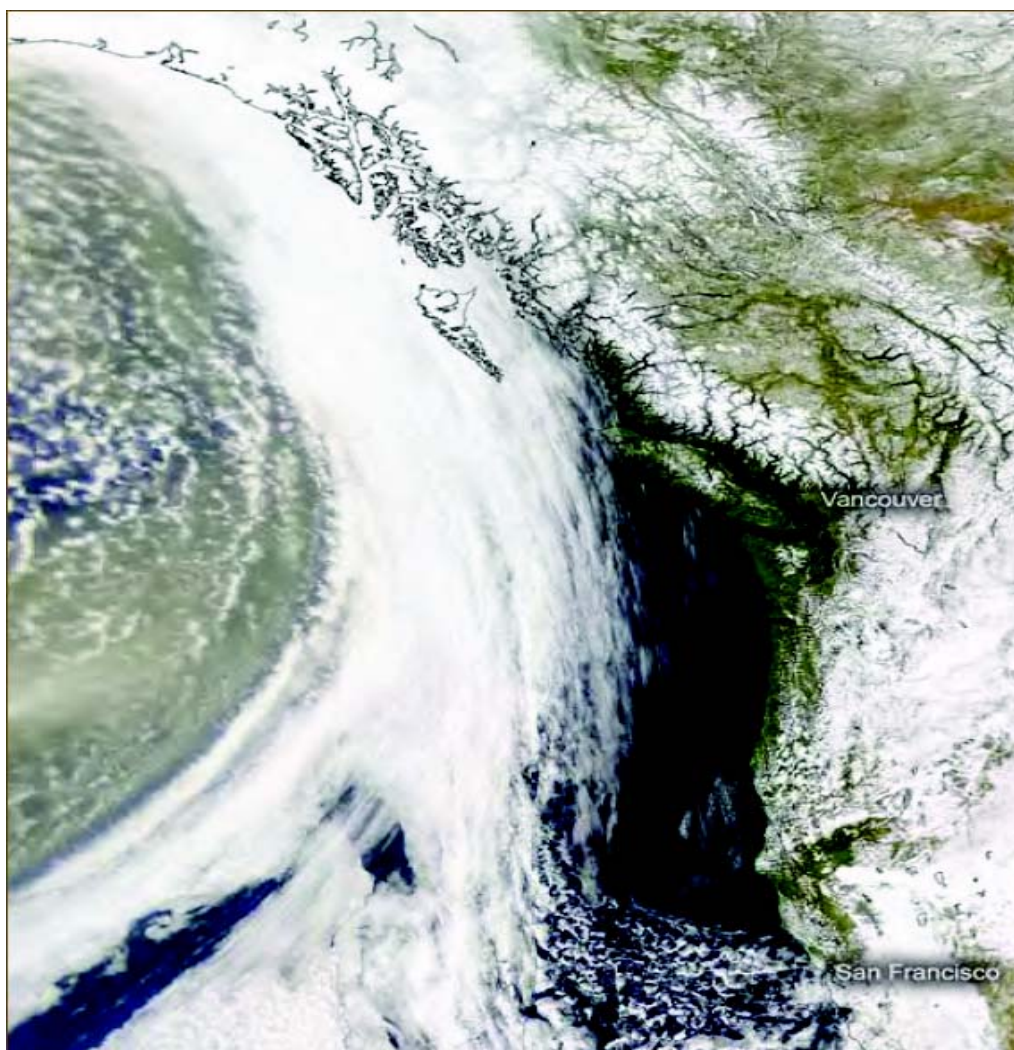


图 9 锋面系统中的沙尘暴正接近美国西海岸。起源于中国北方，是一次强沙尘暴事件，这个烟幕由 ACE-Aisa 的美国和英国一系列科学家观测得到。

问题 2.1 氧化物、气溶胶粒子以及气溶胶前体物的输出、输送和转化

IGAC 在第一阶段的研究工作已经对了解和评价人为排放对背景大气的影响作出了很大贡献,并且已经阐明了控制生命期短的物质远距离输送过程的一些特征,这为以后的研究提供了基础,总结如下:

从北美来的臭氧决定了臭氧在夏季北大西洋上空的分布。地表观测已经显示从北美来的臭氧污染在夏季从北美源区的下风方 1500 公里处能很容易探测到。这个污染也显示出能提高春季北大西洋中部臭氧的含量,这些观测结果显示夏季从北美到北大西洋人为臭氧的总通量是 1.0-1.6Gmol/天,这个量超过了从平流层来的自然臭氧的含量。

氮氧化物和挥发性有机物在北大西洋大气臭氧收支中的作用。在偏远的海洋对流层,一氧化碳和甲烷的浓度足以形成光化学臭氧。这种光化学产物能否破坏臭氧要取决于氮氧化物的有效总量。氮氧化物和一氧化碳的相关分析证明只有一小部分排放在陆地边界层的氮氧化物可以输送到自由对流层或海洋边界层。尽管输送受到限制,模式结果显示从美国排放到全球对流层的最终的臭氧产物差不多是从美国边界层来的臭氧直接输送的两倍。夏季输送到北大西洋西部对流层低层的氮氧化物的总量在整个区域内平均每日能产生 1-4PPBV 的臭氧相比较,相反,尽管北美和欧洲污染物的周期性入侵可以导致臭氧生成,但北大西洋中部是个光化学臭氧破坏的区域。

在北太平洋上空大气痕迹气体的远距离输送研究显示出最大流出的区域在北纬 20-40 度之间。从亚洲大陆输送到自由对流层的氮氧化物和接下来的大尺度的动力作用造成的重新分布影响太平洋地区大范围的臭氧的生成。太平洋西部上空大气的化学成份组成的观测表明在这个区域整个混合的对流层,二氧化硫和气溶胶粒子中的硫大部分与位于亚洲陆地源区的二氧化硫的排放有关。

气象观测显示在夏季,倒置能有效地把海洋边界层从底层自由对流层的上部分离出来,在这里主要的污染物被分层输送。形成这些层的过程为陆地污染物输送到北大西洋上空中上层对流层提供了有效机制。夏季北美污染物输送到北大西洋的主要方向是东北向,冷锋前的暖气流被认为是污染物从美国东海岸城市输送北大西洋的最重要的过程,这个机制为快速有效地在远距离输送大量的相对短生命期的污染物提供了方法。

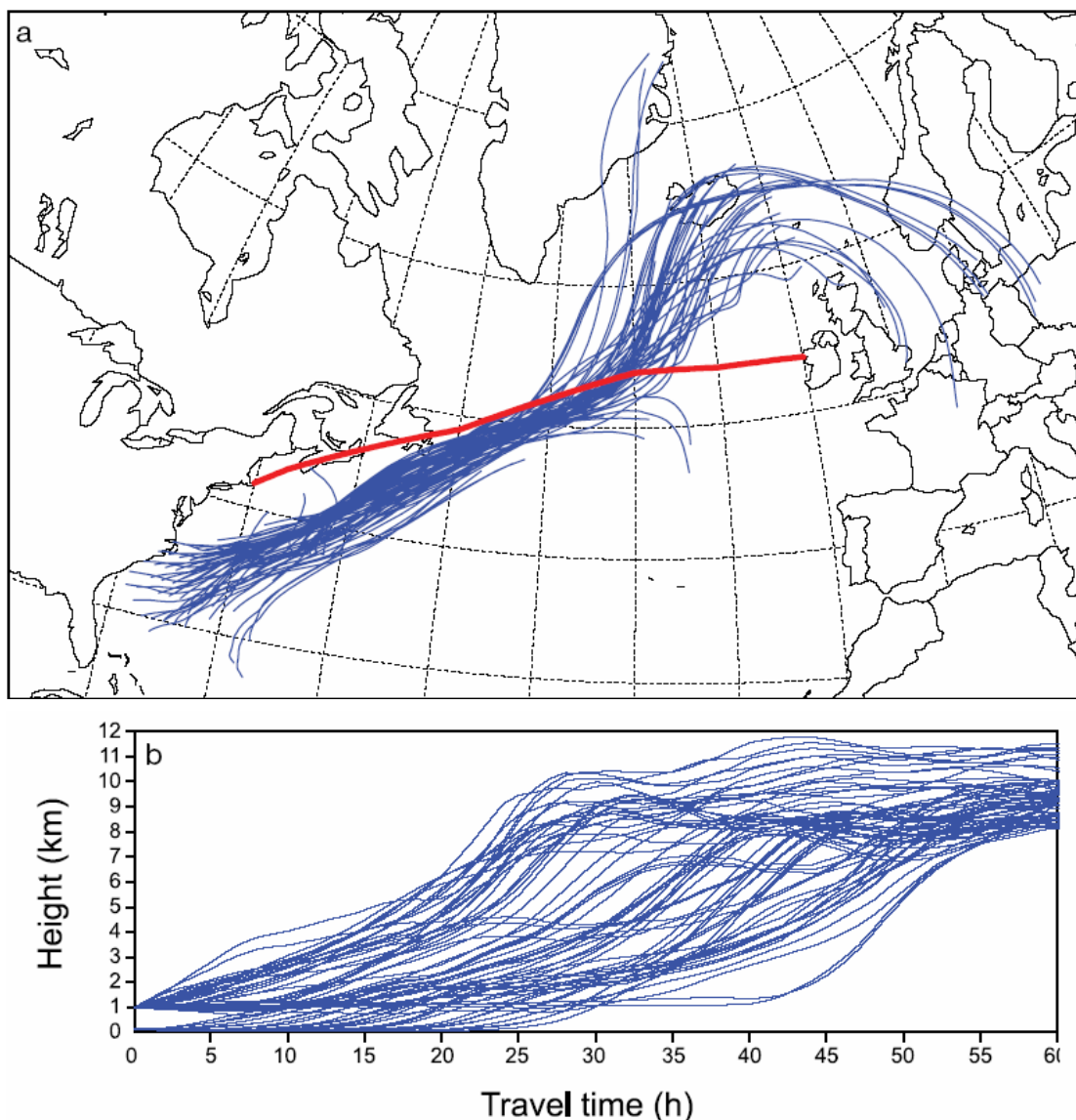


图 10 强上升轨迹可以比喻为暖输送带(WCB)将臭氧从污染的北美洲传送到欧洲边界层。(a)为水平情景；(b) 时间-高度扩线。强上升气流开始于 1997 年 5 月 26 日在 1800UTC 后密度水平格点上，只有那些在 8000 米以上上升的才显示出来。红线标记 MOZAIC 飞机的路径，飞过 WCB 并观测到 100PPB 的臭氧。

近来对北大西洋上空偏远自由对流层中氮氧化物源的研究表明飞机的排放和自由对流层的闪电以及陆面输送在决定氮氧化物分布和自由对流层中臭氧的形成。这些源都随纬度变化，飞机排放在高纬度地区相对重要，而闪电在低纬度地区比较重要。

北半球一氧化碳的主要源是化石燃料的燃烧、生物燃烧、以及甲烷的氧化和非甲烷烃。近来的研究已经阐明夏季北半球的北部森林的重要性是一氧化碳的集中。北半球一氧化碳的大气背景浓度从 20 世纪 80 年代末到开始下降，下降

与北半球工业国家对一氧化碳排放的控制有关。这种趋势由于北美北部和俄罗斯的野生生物燃烧而使得一氧化碳变化很大而受到扰动。氮氧化物，由于燃烧产生 VOCs，以及碳黑气溶胶可以扰动北半球大气化学。这些森林燃烧排放的变化与导致北部干旱的气候变化是类似的。

对于夏季北大西洋西部的所有研究都发现一氧化碳和臭氧之间有正相关，说明在夏季人为污染产生臭氧。然而，冬季一氧化碳和臭氧之间有负相关，在陆面和自由对流层都是负相关的。负相关说明人为污染为冬季臭氧提供了一个汇。这种破坏与臭氧和氮氧化物的主要污染排放和未饱和 VOCs 的预期的反应是一致的。这种破坏在所有季节都可能发生，但是臭氧的光化学形成比夏季破坏的补偿要多。远离大陆时人为活动对臭氧的影响在冬季是否为负还没有明确。在冬季，缓慢的光化学臭氧生成物似乎在远距离时间和空间输送过程中发生。人为的前体物在远距离输送到低纬度时伴随更多其它光化学活动很可能进一步提高偏远海洋对流层的臭氧的形成。这些过程的结合可以补偿最初破坏的臭氧。

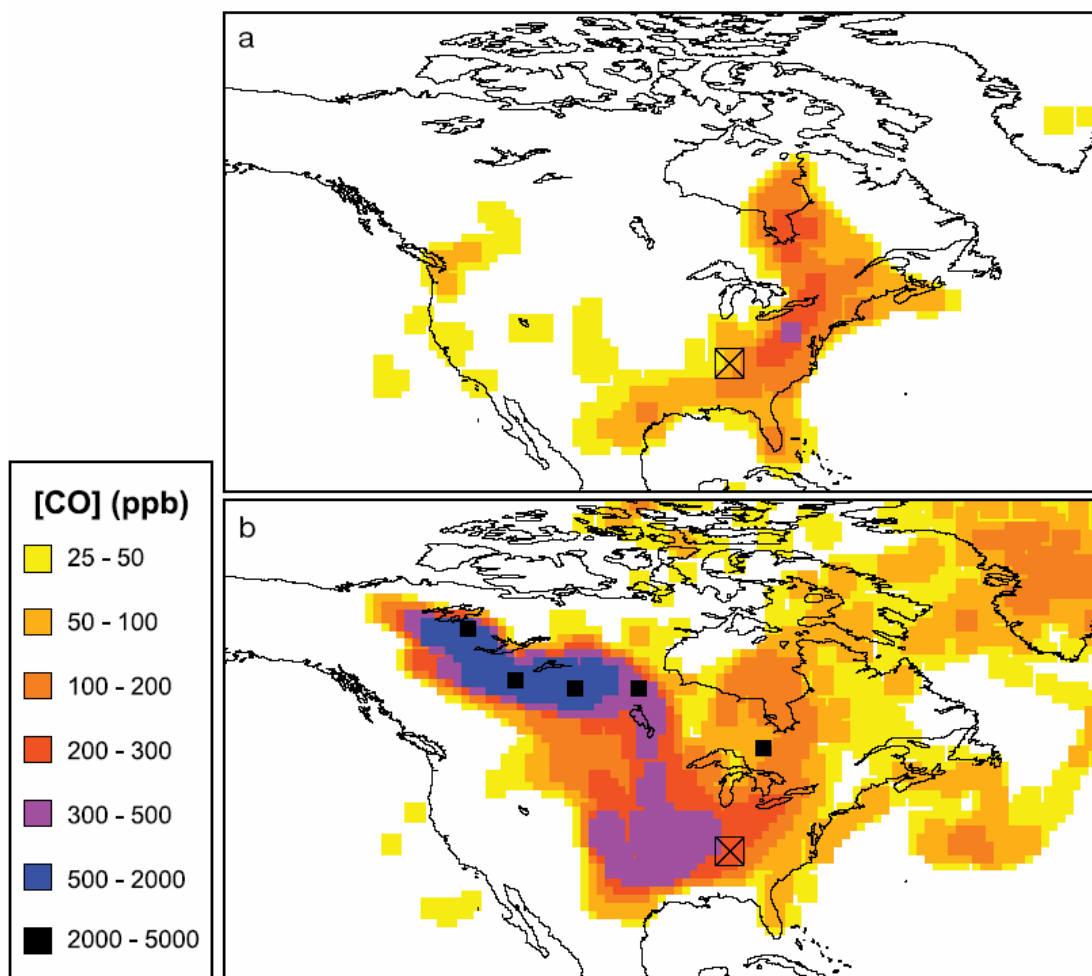


图 11 1995 年 1 月计算的从人为排放(上)和从森林燃烧(下)的边界层一氧化碳浓度.森林

燃烧的地区用黑色方块标记。人为浓度在冷锋前很高这与东海岸相似，而森林燃烧浓度在冷锋后比较高。

对于大气化学和输送的理解已经在上面做了总结，我们认识到陆地间人为排放以及它们的化学产物的输送不仅对背景大气有影响，而且对区域的近地面化学成分和沉积物的流量也有影响。在北半球中纬度地区，北美东部，欧洲西部以及东亚地区化石燃料燃烧的排放影响他们的源的下风方地区的空气质量。预测热带地区将由于他们对全球大气化学的影响而变得十分重要。了解从中纬度北部和热带源区输出污染物的机理，量化这些地区的输出量、全面理解他们的转化、以及评价他们的流量的影响将是 IGAC 研究的核心部分。

1.研究议程:

2.1 中要求 (i) 特殊过程研究的实地野外研究;(ii)长期观测把这些过程加入到季节和年际内容;(iii)面向政策发展的评估;

实地野外研究需要解决一些需要详细说明的问题。这些研究要涉及多个平台（一架或更多的研究飞机）以及使用和支持三维化学传输模式。要优化和检验模式，有必要在野外研究过程在预测模式中运行模式，并将这些预测用于指导每日的飞行计划。这种方法已经成功地在一些野外工作中，如 INDOEX, ACE_Asia 和 ICARTT。把卫星观测综合到试验设计中有助于把有限的飞机观测放到更广的空间里。发展飞机和卫星观测的这种配合要求在飞机飞行任务中包含卫星确认的飞行。

长期观测通过从实地野外研究到季节和多年框架延长信息，对解决 ITCT 问题是非常关键的。长期观测平台可以包括地面观测站，船只，商业飞机，以及小型特许飞机。卫星已经可以提供有用的长期观测，但是存在上面提到的那些局限性。平台的选择应该仔细考虑三维模式的结果，以便为解决科学问题提供最好的检验模式的能力。最后，长期观测计划可以发展到监测从陆地源地区的人为排放的变化以及他们在全局大气化学中的含义。

根据排放的情景和其他输送陆地间污染物变量的变化（如土地利用和气候变化），必须要对研究结果的含义作定期的评估。问题 2.1 将与国际科学团体和大工业国家的政策团体间建立紧密联系。我们期望政策团体将能为有关最大优先权的评估提供指导，以便为最关键的不确定性问题提供直接的科学指导。

2. 研究工具

议题 2.1 将采用三维模式和从地面、飞机和卫星地多种观测方法。三维模式对于区域到全球尺度的局地排放影响的定量理解很关键。他们可以解决传输, 化学和气溶胶过程在天气尺度及更小尺度的耦合。这样的模式已经存在但是精度还不能确定, 需要用大气观测来验证到比较精细准确的程度。IGAC 将促进大气观测和模式的耦合, 耦合中, 模式由同化的气象观测资料驱动, 而观测的目的是验证模式主要的相关要素。

地面, 飞机, 卫星平台的观测对检验模式要素和提供更广泛的探测方法都有很重要的作用。用船作为平台的观测没有做详细的讨论, 但是提到了一些与地面和飞机观测一样的优点和不足。

地面平台的观测有两个主要优势。首先, 他们可以通过研究器材同时观测到气体和气溶胶的不同光谱。因此, 这样的野外研究扩大了用来认证和调查至关重要的大气过程的观测基础。这些研究中, 许多成分可以用两种或更多的技术观测到, 也便于仪器的比较, 这种相互比较对发展和提高观测技术是非常关键的。第二, 地面观测在相对低的成本下可以长期观测, 可以在很好标定的条件下作很多成分的观测。地面观测的不足是缺乏空间信息(垂直和水平), 而这个信心对于解译远距离输送和空气团的化学演化是非常重要的。雷达仪器和气球探测器提供垂直信息但目前只能提供几种成分(臭氧、气溶胶粒子和水汽)。这一章里地面观测的主要作用是: 1) 扩大观测的资料基础同时观测大气成分的光谱; 2) 提供季节和年际的高质量的资料; 3) 确定能对模式提供重要限制因子的成分的关系; 4) 延伸从野外工作得到的信息的时间尺度;

飞机观测的优势是空间覆盖度很大, 也可以为一些成分提供高质量的观测。通过化学模式预测的飞机实验设计, 观测可以集中起来提供模式的最佳检验。飞机观测的不足之处是飞行时间受限制, 所以资料只能是时间的简单印象, 而且仪器限制受飞机有效载荷的控制。这些限制在某种程度上可以通过商业用飞机或特许地小心飞机克服, 但是观测成分的数量也受到限制并且观测方法不灵活。

卫星观测能提供全球和持续的对流层成分的观测并认为是描述陆地间输送的理想方式。痕迹气体的观测受到限制但是那些潜在可观测的是很重要的(如, O_3 , NO_2 , H_2O , CO , $HCHO$, CO_2 , CH_4)。辐射传输理论表明痕迹气体的被动探测

术在对流层限制了垂直分辨率，最佳分辨率通过结合不同光谱区域的气体的观测获得。从几个研究任务得到的资料可以在对流层扩展被动遥感探测的能力，如 ESA ENVISAT 卫星。空间为基础的雷达已经证明可以提供高垂直分辨率的气溶胶和云的资料。几个新的卫星任务计划或将要发射，这将进一步提高观测能力。

最后，很好地认识到要获得最佳值，对流层遥感要求高的时间和空间分辨率。目前对流层成分能从低轨卫星和一些其它平台的确定。地球静止卫星观测将为 ITCT 提供最相关的资料。

问题 2.2 陆地间的输送对空气质量的影响

问题 2.2 将集中在对人类幸福和环境质量有直接作用的大气化学研究方面。有些严重污染区域也是人口集中区，很明显会引发公众健康问题。特别是大城市也有严重的污染倾向。虽然区域空气污染对人类健康和环境影响的详细评估在 IGAC 的范围之外，但 IGAC 也会关注大尺度污染分布与污染物输送对适当的人类健康和环境的影响。IGAC 将在 IGAC_I 焦点问题对背景大气的理解上的基础上，为明确叙述有效的区域和国际空气质量管理政策提供科学基础。

臭氧、气溶胶以及气溶胶前体物的远距离输送的影响已经很明确了，从亚洲到非洲沙尘粒子的远距离输送也已经有了详细描述。北半球上空臭氧含量有上升的趋势，这可能与大气中化学成分的人为影响有关。更明确的是，有证据显示臭氧、臭氧前体物和其他化学成分的陆地间输送。大西洋和太平洋地区的岛屿地区的观测记录显示臭氧和一氧化碳浓度增加。春季在美国西海岸的观测监测到亚洲对几种气体包括臭氧、一氧化碳、PAN、HNO₃ 从亚洲的快速输送阶段对大气成分水平的影响。模式模拟再次造成了一氧化碳、PAN 及臭氧的增加。其他模式计算也表明如果亚洲臭氧前体物迅速增加的话美国西部上空的平均臭氧浓度也将会增加。

由于从北美上空边界层的远距离输送的臭氧浓度增加，在 1997 年春季在欧洲上空已观测到。自由层中观测到臭氧混合比高达 100PPbv。这个阶段的高浓度纪录可以由槽引导上升的气流带动的无稀释边界层空气的有效传输解释。飞机和地面观测结合模式模拟已经显示出北美污染在夏季影响欧洲地面的臭氧浓度。

远距离输送的许多例子已经有所调查，但是还缺乏重要的痕迹气体在半球到全球尺度的收支的系统定量的理解。尤其是，目前还没有对臭氧的自然和人为源

到对流层北半球的相对重要性还没有达成一致。IGAC 的一个主要任务是对这些问题提供定量分析。

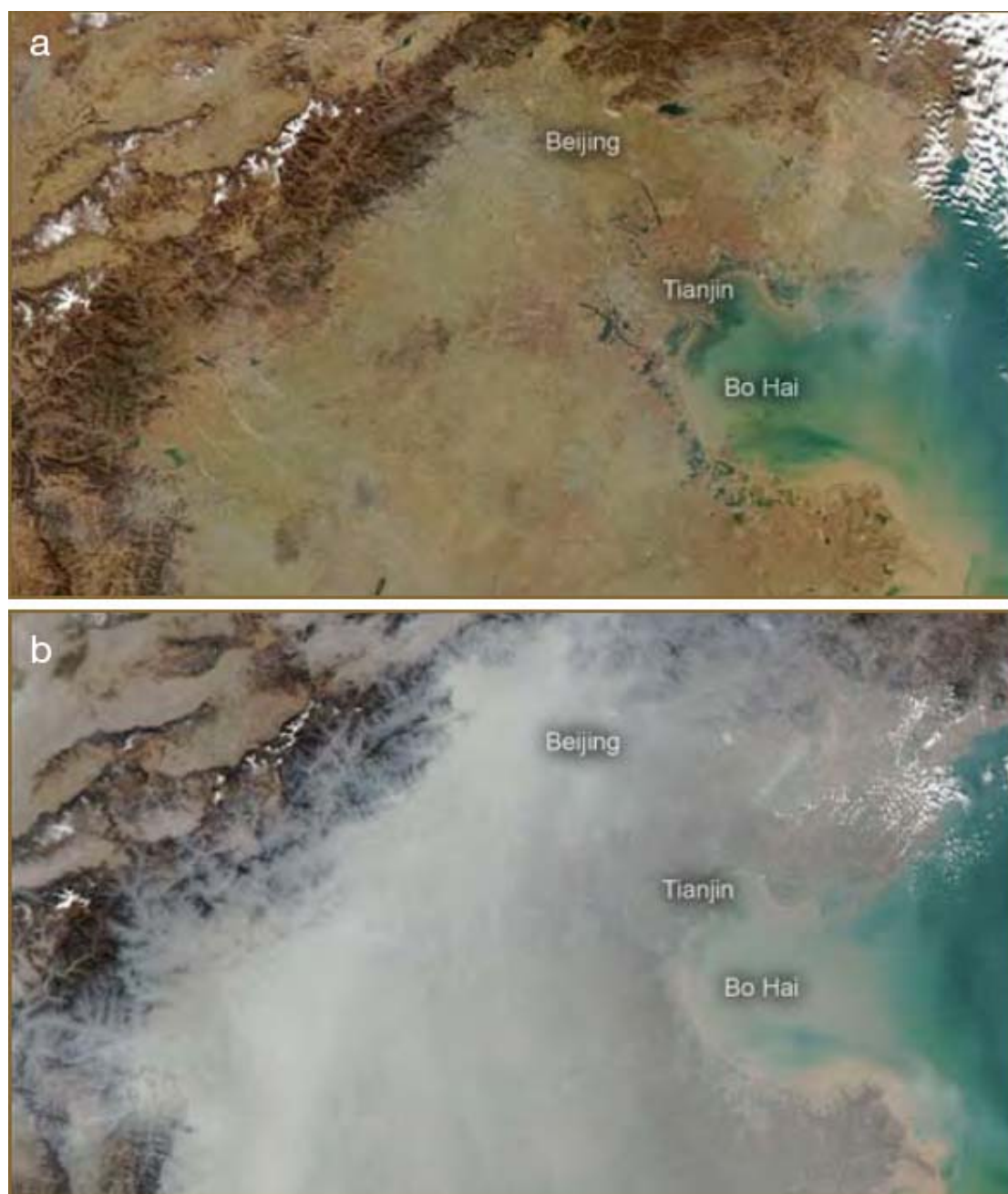


图 12 北京地区 2005 年 11 月 2 日 (a) 和 11 月 3 日 (b)。用气象变化导出城市周围污染物的差异。污染物在夜间堆积直道 11 月 5 日；11 月 6 日又出现了灰霾天气。用 MODIS 卫星得到的真彩色图像。

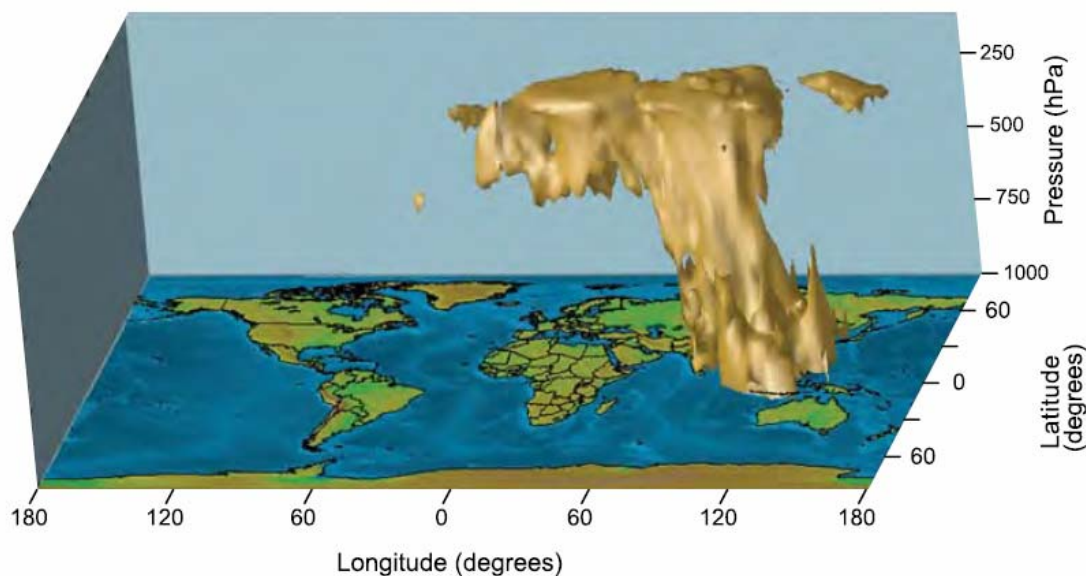


图 13 亚洲南部季风三维图像，用全球 MATCH_MPIC 化学传输模式计算的。图像显示有一条主要的路径从亚洲陆地间输送排放物。主要的陆地间输送特征用全球化学天气预测模式成功预测。

虽然对流层臭氧和气溶胶粒子在 IGAC 中仍然非常重要，其它对环境很重要的成分也会是研究的焦点。例如，水银在许多国际性的标定中是主要的污染物，目前也认识到在一个特定地区水银的沉积量的小部分可以在该区域外产生。明确说明有效水银沉积物的控制政策需要在半球和全球尺度上发展水银的源汇关系。这又需要对大气中不同水银成分的详细分布和控制分布的过程有更好的理解。

研究方法：

近年来，由气象预测驱动的全球“化学天气”预测已经利用化学传输模式开始计算了。“化学天气”是根据痕迹气体和气溶胶粒子的时间分布确定的大气的短期状态。这些预测已经开始并且用在几种主要的野外研究的每日飞行计划中（INDOEX, TRACE_P, ACE_Aisa），然而，化学天气预测的应用也将延伸到健康和农业方面。全球化学天气预测预期在下一个十年能成为大气化学研究的焦点，因为它综合了许多我们在这里讨论的工作（改进的排放量，大尺度输送，化学转化，沉积作用，观测资料的同化，尤其是卫星作为基础）。大气化学协会可以从更多业务化的模式如气象协会中受益，工作朝着提高研究产品的方向发展。全球和区域尺度预测的紧密结合是必要的。尽管在城市尺度上对臭氧预测已经有丰富的经验，在 IGAC 期间提出的很强的全球的相互联系也指出需要把区域模式牵

套在全球化学天气预测的框架中。

一个区域到另一个区域发生的周围污染水平的耦合受一些重要的大气过程控制（混合，传输，化学转化，沉积作用等）。周围污染水平的预测依赖于理解这些过程如何影响形成和分布，不管预测方法是否涉及到参数或确定的方法。因此，一个特殊区域的化学成分的可靠预测需要对整个过程提高理解，涉及伴随相关排放量的大气过程。针对这个问题，IGAC 将与 GEIA 密切合作，称之为 AIMES 活动。

全球“化学天气”预测必要的模式与那些解决问题 2.1 需要的模式有紧密的关系。所列出的评估过程也会需要来量化预报可靠性和确定需要改进的地方。模式要根据他对模拟排放、气象和传输、化学转化以及沉积作用进行评估。

得到的有关大气化学组成的信息来初始化模式和评估化学预测需要与支持目前与天气预报系统的气象观测系统类似。这些资料可以对复杂网格模式诊断评估。观测工作将会与 IGOS-P 合作。

问题 2.3 人类活动对大气清洁能力的影响

大气的氧化和清洁能力一般地定义为羟基 OH 的含量。OH 是很重要的因为它决定着大气污染物、温室气体和短寿命的 HCFC 化合物从大气中排出的速度。在很大程度上，氧化能力受臭氧、水汽、UV 辐射和痕迹气体如甲烷、一氧化碳、VOCs 的含量。还由于它的很高的活性和与氢氧化物 (HO_2, H) 的快速结合，OH 的含量比较低变化也比较大。只有到了 20 世纪 90 年代中期，OH 含量的直接精确观测才成为可能。即使如此，确定 OH 在全球尺度的变化趋势还是不太可能因为它的时空变化很大无法进行全球观测。然而，大尺度含量和趋势也可以间接地从长期全球观测和甲烷排放估计中得到，因为 OH 是甲烷的重要破坏物。

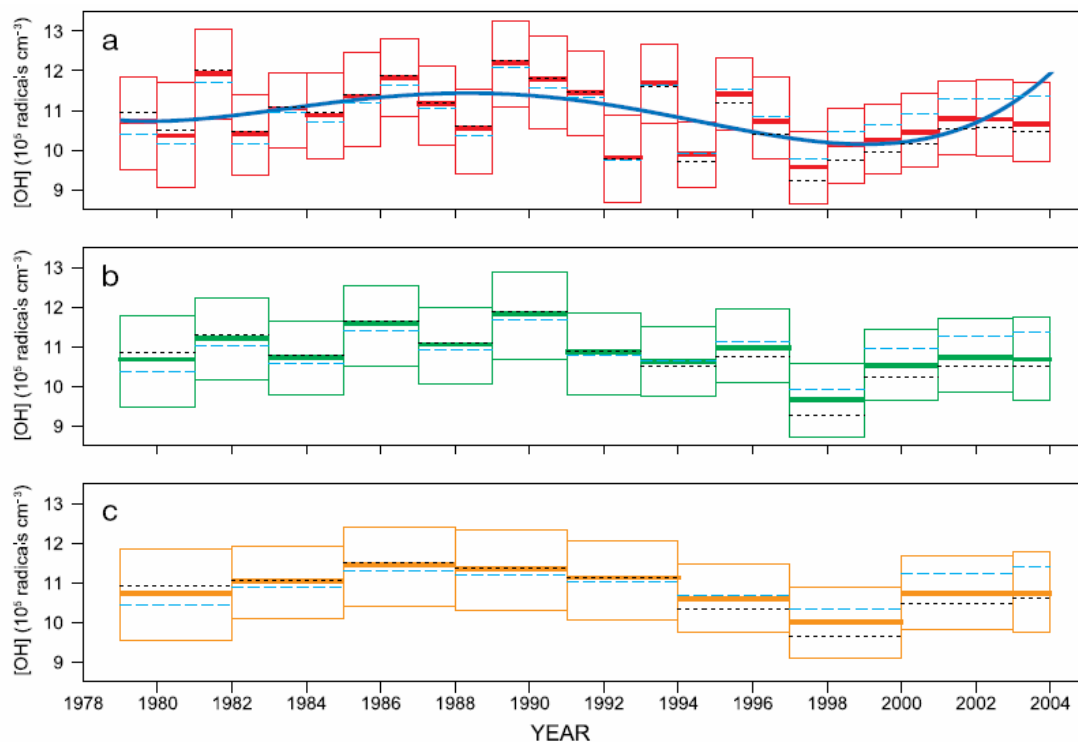


图 14 (a) 一年; (b) 两年和 (c) 三年权重平均估计的 OH 基浓度与一维偏差箱得到的甲烷浓度。这些绝对浓度 (不是相对 OH 基变量) 依赖于权重和计算所用的模式。还有一个是一年权重平均的多项式和使用不同排放参考时的结果 (点线和虚线)。

过去 20 年里, 含量变化已经从痕迹气体 (如甲基氯、氯氟甲烷和一氧化碳) 观测中确定, 而前工业期的含量变化可以用全球化学传输模式估计。痕迹气体甲基氯的观测表明对流层中 OH 的平均含量是 10^6 分子 cm^3 。最近, Bousquet 等 (2005) 利用三维模式反演方法结合甲基氯观测揭示了 1980-2000 年间全球平均含量的真实年际变化。通常, 全球模式估计在这段时间全球 OH 下降 10%, 此结果对于假设的氮氧化物、一氧化碳、甲烷和碳氢化合物排放量的变化比较敏感。这与最近痕迹气体资料为基础用反演模拟技术揭示的全球 OH 相似量的增加的分析形成对比, 模式反演结果显示没有超过 25 年的长期变化趋势。有一点不同的是平流层臭氧减少在大多数模式研究中没有考虑进去。这将造成对流层 UV 水平的增加并因此造成全球平均 OH 含量的增加。这个机理在过去 20 年中至少可以部分地解释观测到的甲烷和一氧化碳的增长速度的变化。因此, OH 在过去如何变化和未来如何变化以响应由于人为排放的变化造成的气候变化目前还存在不确定。

研究方法;

需要三种方法确定地球的氧化能力是否在变化: 首先, 全球化学模式必须以

较好的排放量为基础并需要用全球资料进行评估。其次，以实地和卫星为基础的大气成分的观测应该和冰核描述的古气候资料进行对比。第三，需要耦合的化学_气候模式来模拟过去和当前的氧化能力,并模拟未来的化学强迫、气候响应和化学-气候反馈过程。

提高排放量来减少全球化学模式的不确定性应该集中在臭氧前体物上,因为这方面的资料很缺乏，尤其是描述他们的时间变化的资料太少。对于化学_气候模式相互作用的更好的理解也会提高模式评估。例如，由闪电产生的氮氧化物对常规变化的响应还不清楚。另一个知识缺口是陆地生态系统的变化怎样直接和间接地影响大气的氧化能力以及这些对生态系统有何反馈?在后一个问题上, IGAC 将与 iLEAPS 紧密合作。还有，减少模式的不确定性还需要通过模式内和模式之间用资料作比较对模式运行作连续的评估。

观测包括:特别是对卤烃, CO, CH₄, O₃ 等痕迹气体作长期的连续观测。资料稀少的地区需要用新的监测站，也需要对趋势信息不太确定的主要痕迹气体 (NO_x, VOCs) 的观测。在自由对流层迫切需要长期观测，这将由新的卫星资料在某种确定的程度上进行。商业飞机(如 MOZAIC, 从 1994 到 2002 观测 O₃) 提供了可能性,但是鼓励在探测器上飞行的新的使用仪器的发展。在我们目前的理解还比较缺乏和对气候变化很敏感的地区(亚洲西部, 非洲)集中研究方面需要献身精神的研究活动。化学成分包括 OH 和 HO_x 的很多种类的观测已经显示能提供我们对对流层光化学的理解需要的验证。追踪观测也可以解释模式传输方案的评估和改进。在评估化学传输和化学_气候模式，以及可能的氧化变化中，化学要素的历史资料提供有用的限制因素。另外,设想有关臭氧, OH, 和其他氧化物的提取和观测。

新模拟技术(如同化, 反演)的使用, 结合新的资料可以对过去、现在和将来大气氧化能力有更好的了解，也会对区域人为排放的变化更好地定量化，这对于使用包括化学和气候系统连接的地球系统模式是非常必要的。用这种方法, 就有可能研究气候变化(人为导致的)和自然系统(排放, 动力学, 水汽循环)之间的关系。预期化学_气候模式的发展以及在地球系统研究中的应用将引导提高我们对大气氧化能力及其变化的理解。

五、执行决策

IGAC 科学议程要求在地球系统框架中有一个全球性的执行决策，这些活动的目标是对地球系统得响应和反馈做出评估。IGAC 研究将通过任务、研讨会和主动性来执行。这三种机制目的是在自下而上和自上而下的工作中得到平衡。IGAC 还将通过综合新的或现存的大气化学活动来帮助解决去全球尺度上的重要问题。特别是国际间的项目合作，从而提供一个协同作用，可以产生一些完全超过单一国家获得的信息和知识。

IGAC 任务是针对特别科学问题的活动，要求国际研究框架和促进广泛参与。任务将包括野外观测、模拟比较、观测结果比较、观测网以及国际实验室研究。任务的提议不超过 8 页而且可以在任何时候提交给国际项目办事处（IPO）。提议应该包括：(i)特别问题的研究来完成上述科学计划；(ii)研究时间和完成期限一般不超过 3-5 年；(iii)高质量担保和资料计划；(iv)教育性的能力培养；(v)期望的杂志上发表同辈审核过的文章；(vi)任务合作者的姓名和详细的联系方式。

提议由 IPO 转交 IGAC 科学指导委员会（SSC）通过和评定。SSC 将为每一个通过的任务委派一个 SSC 成员作为活动的联络员。任务将在每年的 SSC 年会上被审核，主要以六星期前由任务合作者提交到 IPO 的摘要为基础。任务摘要部能超过 3 页并且说明：1.一年的科学文集；2 任务成果要符合核准的提议；3.原始提议的任何改动

SSC 为 IGAC 提供国际性的咨询，并为 IGAC 任务倡导国内和国际资助。SSC 帮助 IGAC 与其他 IGBP 项目的合作和其他相关的国际研究计划并为不同国家的科学家们提供交流的平台。SSC 成员提供项目论证和提拔并招募广泛的项目的国际参与者。每个 SSC 成员也可以联络一个相关的项目或计划，包括，如果可能的话参加项目或计划年会。

IGAC 研讨会用于解决由 SSC 明确的关键问题。研讨会科研在 IGAC 的支持下单独或合作召开。研讨会集中研究人员在关键问题上写出书面材料，计划文件或评论文章，或形成一个新的任务。

IGAC 是由 SSC 发起的，有时候与合作者合作来解决重要的、需要综合、交叉或边缘学科研究的迫切问题，这没必要由那些科学团体解决，不包括外部组织性的协助、疏忽和支持。

1.交流

IGAC 将继续通过实时通讯、互联网和开放的科学会议来促进科学交流。IGAC 实时通讯于 1955 年开始后已经在上百个国家分发了 4000 多册。内容主要是 IGAC 科学的综合性, IGAC 任务的报告、研讨会和发起以及其他相关研究。IGAC 网页将继续提供信心和新闻并负责出版计划书。

与 IGAC 团体的交流、新的研究思路的产生以及促进年轻的发展中国家的科学家都是通过 IGAC 两年一次的科学会议。IPO 将继续筹集资金特别支持参会者。预计 IGAC 会议将会与 CACGP 合作举办。

2.项目办事处

IGACD 的操作将由 IPO 协调和当地办事处支持。起初, IPO 要以美国国家太平洋海洋环境实验室和大气局为基础。IPO 也要与 IGBP 合作并作为 SSC 和其他会议的秘书处, 这将是 IGAC 的交流中心。

当地办事处最初在中国和大气科学研究所的欧洲大气组成交换欧洲网办事处 (ACCENT) 和意大利气候变化国家研究委员会。所以 IGAC 成员将促进和国际大气化学研究和帮助建立更广泛的国际参与。另外, 他们也会协助 SSC 来计划和完成新的研究和收集信息, 并保持与相关国家和地区的项目联系。他们将推动 IGAC 科学家们与其他国家科学家们的交流并保证办事处的经济支持。

3.与其他项目的联接

IGAC 继续与 GEIA 紧密合作, 这在 IGAC 第一阶段就已经开始了现在称为 AIMES。IGAC 要确定排放目录中的重要缺口并鼓励用模式和观测评估。在这个研究中, IGAC 将于 SOLAS 和 iLEAPS 紧密合作。

IGAC 还要与 SPARC 紧密合作来发展研究策略来全面了解控制大气中化学成分分布的过程。同时, IGAC 也要与 iLEAPS 和 GEWEX 合作来研究气溶胶作为云凝结核的浓度、大小以及组成。

古气候资料显示自然气溶胶颗粒和痕迹气体含量有很大的变化。然而, 要估计这些变化的气候影响, 有必要知道目前这些相同的自然气溶胶粒子的辐射效应。目前的 AOD 对自然和人为气溶胶成分的贡献, 正如这里设想的, 将是古气候分析的基础, 这些研究需要与 PAGES 的古气候观测相联接。

IGAC 的许多研究都与气候和空气质量有关, 后者尤其是生物物理和人类科

学的桥梁。在这个研究领域，IGAC 家那个与 IHDP 合作。收集大量的气溶胶粒子的常规资料来监测空气质量并指导当地排放控制来减小对人类健康的影响。IGAC 与 IHDP 合作可以提供一个论坛，把这些计划连接到工作中评估区域和全球尺度的影响。同时，大城市烟雾由于其大浓度和大梯度可以为卫星传感器提供很好的标定目标。大城市烟雾的化学特征有助于远距离输送和转化研究。IGAC 将努力获得跨地区高质量和持续资料，为气候和空气质量研究团体服务。

六 参考文献

- Corlett GK and Monks PS (2001) A comparison of total column ozone values derived from the Global Ozone Monitoring Experiment (GOME), the Tiros Operational Vertical Sounder (TOVS), and the Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS). *Journal of the Atmospheric Sciences* 58(9), 1,103–1,116.
- Darmenova K, Sokolik IN and Darmenov A (2005) Characterization of east Asian dust outbreaks in the spring of 2001 using ground-based and satellite data. *Journal of Geophysical Research* 110(D02204), doi:10.1029/2004JD004842.
- de Gouw JA, Cooper OR, Warneke C, Hudson PK, Fehsenfeld FC, Holloway JS, Hübler G, Nicks DK Jr, Nowak JB, Parrish DD, Ryerson TB, Atlas EL, Schayffler SM, Stroud V, Johnson K, Carmichael GR and Streets DG (2004) Chemical composition of air masses transported from Asia to the U.S. West Coast during ITCT 2K2: fossil fuel combustion versus biomass-burning signatures. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S20), doi:10.1029/2003JD004202.
- Deeter MN, Emmons LK, Francis GL, Edwards DP, Gille JC, Warner JX, Khattatov B, Ziskin D, Lamarque J-F, Ho S-P, Yudin V, Attie J-L, Packman D, Chen J, Mao D and Drummond JR (2003) Operational carbon monoxide retrieval algorithm and selected results for the MOPITT instrument. *Journal of Geophysical Research* 108(D14), 4,399, doi:10.1029/2002JD003186.
- Derwent RG, Simmonds PG and Collins WJ (1994) Ozone and carbon monoxide measurements at a remote maritime location, Mace Head, Ireland, from 1990 to 1992. *Atmospheric Environment* 28(16), 2,623–2,637.
- Derwent RG, Stevenson DS, Collins WJ and Johnson CE (2004) Intercontinental transport and the origins of the ozone observed at surface sites in Europe. *Atmospheric Environment* 38(13), 1,891–1,901.
- Dessler AE (2002) The effect of deep, tropical convection on the tropical tropopause layer. *Journal of Geophysical Research* 107(D3), doi:10.1029/2001JD000511.
- Drummond JR and Mand GS (1996) The Measurements of Pollution in the Troposphere (MOPITT) instrument: overall performance and calibration requirements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 13(2), 314–320.
- Duderstadt KA, Carroll MA, Sillman S, Wang T, Albercook GM, Feng L, Parrish DD, Holloway JS, Fehsenfeld FC, Blake DR, Blake NJ and Forbes G (1998) Photochemical production and loss rates of ozone at Sable Island, Nova Scotia during the North Atlantic Regional Experiment (NARE) 1993 summer intensive. *Journal of Geophysical Research* 103(D11), 13,531–13,555, doi:10.1029/98JD00397.
- Ehhalt DH (1999) Gas phase chemistry of the troposphere. In: Baumgaertel H, Gruenbein W and Hensel F (Ed.s), *Global Aspects of Atmospheric Chemistry*, Vol. 6. Springer Verlag, Darmstadt, pp21–110.
- Esler JG, Roelofs GJ, Kohler MO and O'Connor FM (2004) A quantitative analysis of grid-related systematic errors in oxidising capacity and ozone production rates in chemistry transport models. *Atmospheric Chemistry and Physics* 4, 1,781–1,795.
- Fujiwara M and Takahashi M (2001) Role of the equatorial Kelvin wave in stratosphere-troposphere exchange in a general circulation model. *Journal of Geophysical Research* 106(D19), 22,763–22,780, doi:10.1029/2000JD000161.
- Fuzzi S, Andreae MO, Huebert BJ, Kulmala M, Bond TC, Boy M, Doherty SJ, Guenther A, Kanakidou M, Kawamura K, Kerminen V-M, Lohmann U, Russell LM and Pöschl U (2006) Critical assessment of the current state of scientific knowledge, terminology, and research needs concerning the role of organic aerosols in the atmosphere, climate, and global change. *Atmospheric Chemistry and Physics* 6, 2,017–2,038.
- Gottelman A and Forster PMU (2002) A climatology of the tropical tropopause layer. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 80(4), 911–924.
- Gille J, Barnett J, Lambert A, Coffey M, Eden T, Kinnison D, Mankin W and Nardi B (2002) Capabilities and role of the HIRDLS experiment on EOS Aura. *Proceedings of the 12th AMS Conference on Middle Atmosphere* Vol. 12.
- Gong SL, Zhang XY, Zhao TL, McKendry IG, Jaffe DA and Lu NM (2003) Characterization of soil dust aerosol in China and its transport/distribution during 2001 ACE-Asia. *Journal of Geophysical Research* 108, doi:10.1029/2002JD002633.
- Gouget H, Cammas JP, Marengo A, Rosset R, Jonquieres I (1996) Ozone peaks associated with a subtropical tropopause fold and with the trade wind inversion: A case study from the airborne campaign TROPOZ II over the Caribbean in winter. *Journal of Geophysical Research* 101(D20), 25,979–25,993, doi:10.1029/96JD01545.
- Grenfell JL, Shindell DT, Koch D, and Rind D (2001) Chemistry climate interactions in the Goddard Institute general circulation model. 2. New insights into modeling the pre-industrial atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 106(D24), 33,435–33,451, doi:10.1029/2000JD000090.
- Hatakeyama S, Murano K, Sakamaki F, Mukai H, Bandow H and Komazaki Y (2001) Transport of atmospheric pollutants from East Asia. *Water, Air, Soil Pollution* 130(1–4), 373–378.
- Hauglustaine DA, Hourdin F, Jourdain L, Filiberti M-A, Walters S, Lamarque J-F and Holland EA (2004) Interactive chemistry in the Laboratoire de Météorologie Dynamique general circulation model: Description and background tropospheric chemistry evaluation. *Journal of Geophysical Research* 109(D04314), doi:10.1029/2003JD003957.
- Hauglustaine DA and Brasseur GP (2001) Evolution of tropospheric ozone under anthropogenic activities and associated radiative forcing of climate. *Journal of Geophysical Research* 106(D23), 32,337–32,360, doi:10.1029/2001JD900175.
- Hess PG (2005) A comparison of two paradigms: the relative global roles of moist convective versus non-convective transport. *Journal of Geophysical Research* 110(D20302), doi:10.1029/2004JD005456.
- Holland EA, Braswell BH, Lamarque JF, Townsend A, Sulzman J, Muller JF, Dentener F, Brasseur G, Levy H, Penner JE and Roelofs GJ (1997) Variations in the predicted spatial distribution of atmospheric nitrogen deposition and their impact on carbon uptake by terrestrial ecosystems. *Journal of Geophysical Research* 102(D13), 15,849–15,866.
- Holzer M, Hall TM and Stull RB (2005) Seasonality and weather-driven variability of transpacific transport. *Journal of Geophysical Research* 110(D23103), doi:10.1029/2005JD006261.

- Honrath RE, Owen RC, Val Martín M, Reid JS, Lapina K, Fialho P, Dziobak MP, Kleissl J and Westphal DL (2004) Regional and hemispheric impacts of anthropogenic and biomass burning emissions on summertime CO and O₃ in the North Atlantic lower free troposphere. *Journal of Geophysical Research* 109(D24310), doi:10.1029/2004JD005147.
- Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K and Johnson CA (Ed.s.) (2001) *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. 881pp.
- Houweling S, Dentener F, Lelieveld J (2000) Simulation of pre-industrial atmospheric methane to constrain the global source strength of natural wetlands. *Journal of Geophysical Research*, 105(D13), 17,243–17,256, doi:10.1029/2000JD900193.
- Huebert BJ, Bates T, Russell PB, Shi G, Kim YJ, Kawamura K, Carmichael G and Nakajima T (2003) An overview of ACE-Asia: Strategies for quantifying the relationships between Asian aerosols and their climatic impacts. *Journal of Geophysical Research*, 108(D23), 8633, doi:10.1029/2003JD003550.
- Huntrieser H and Schlager H (2004) Air Pollution Export from and Import to Europe: Experimental Evidence. In: Stohl A (Ed.), *The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 4G. Springer, Heidelberg, pp69–98.
- Huntrieser H, Heland J, Schlager H, Forster C, Stohl A, Aufmhoff H, Arnold F, Scheel HE, Campana M, Gilge S, Eixmann R and Cooper O (2005) Intercontinental air pollution transport from North America to Europe: experimental evidence from airborne measurements and surface observations. *Journal of Geophysical Research* 110(D01305), doi:10.1029/2004JD005045.
- Jacob DJ, Logan JA and Murti PP (1999) Effect of rising Asian emissions on surface ozone in the United States. *Geophysical Research Letters* 26(14), 2,175–2,178, doi:10.1029/1999GL00477.
- Jaeglé L, Jaffe DA, Price HU, Weiss-Penzias P, Palmer PI, Evans MJ, Jacob DJ, Bey I (2003) Sources and budgets for CO and O₃ in the northeastern Pacific during the spring of 2001: results from the PHOBEA-II Experiment. *Journal of Geophysical Research* 108(D20), 8,802, doi:10.1029/2002JD003121.
- Jaffe D, Anderson T, Covert D, Kotchenruther R, Trost B, Danielson J, Simpson W, Bernsten T, Karlsdottir S, Blake D, Harris J, Carmichael G and Uno I (1999) Transport of Asian air pollution to North America. *Geophysical Research Letters* 26(6), 711–714, doi:10.1029/1999GL900100.
- Jaffe D, Bertschi I, Jaeglé L, Novelli P, Reid JS, Tanimoto H, Vingarzan R and Westphal DL (2004) Long-range transport of Siberian biomass burning emissions and impact on surface ozone in western North America. *Geophysical Research Letters* 31(L16106), doi:10.1029/2004GL020093.
- Jaffe D, McKendry I, Anderson T and Price H (2003a) Six 'new' episodes of trans-Pacific transport of air pollutants. *Atmospheric Environment* 37(3), 391–404.
- Jaffe D, Price H, Parrish D, Goldstein A and Harris J (2003b) Increasing background ozone during spring on the west coast of North America. *Geophysical Research Letters* 30(12), 1,613, doi:10.1029/2003GL017024.
- Jaffe D, Bertschi I, Jaeglé L, Novelli P, Reid JS, Tanimoto H, Vingarzan R and Westphal DL (2004) Long-range transport of Siberian biomass burning emissions and impact on surface ozone in western North America. *Geophysical Research Letters* 31(L16106), doi:10.1029/2004GL020093.
- Jaffe D, Prestbo E, Swartzendruber P, Weiss-Penzias P, Kato S, Takami A, Hatakeyama S and Kajii Y (2005) Export of atmospheric mercury from Asia. *Atmospheric Environment* 39(17), 3,029–3,038.
- Jayaraman A, Lubin D, Ramachandran S, Ramanathan V, Woodbridge E, Collins WD and Zalpuri KS (1998) Direct observations of aerosol radiative forcing over the tropical Indian Ocean during the January–February 1996 pre-INDOEX cruise. *Journal of Geophysical Research* 103(D12), 13,827–13,836, doi:10.1029/98JD00559.
- Johnson CE, Stevenson DS, Collins WJ and Derwent RG (2001) Role of climate feedback on methane and ozone studied with a coupled ocean-atmosphere-chemistry model. *Geophysical Research Letters* 28(9), 1,723–1,726, doi:10.1029/2000GL011996.
- Kanakidou M, Seinfeld JH, Pandis SN, Barnes I, Dentener FJ, Facchini MC, van Dingenen R, Ervens B, Nenes A, Nielsen CJ, Swietlicki E, Putaud JB, Balkanski Y, Fuzzi S, Horth J, Moortgat GK, Winterhalter R, Myhre CEL, Tsigaridis K, Vignati E, Stephanou EG and Wilson J (2005) Organic aerosol and global climate modelling: a review. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5, 1,053–1,123.
- Killin RK, Simonich SL, Jaffe DA, DeForest CL and Wilson GR (2004) Transpacific and regional atmospheric transport of anthropogenic semi-volatile organic compounds to Cheeka Peak Observatory during the spring of 2002. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S15), doi:10.1029/2003JD004386.
- Kinne S, Lohmann U, Feichter J, Schulz M, Timmreck C, Ghan S, Easter R, Chin M, Ginoux P, Takemura T, Tegen I, Koch D, Herzog M, Penner J, Pitari G, Holben B, Eck T, Smirnov A, Dubovik O, Slutsker I, Tanre D, Torres O, Mishchenko M, Geogdzhayev I, Chu DA and Kaufman Y (2003) Monthly averages of aerosol properties: a global comparison among models, satellite data, and AERONET ground data. *Journal of Geophysical Research* 108, 4,634, doi:10.1029/2001JD001253.
- Kiselev AA and Karol IL (2000) Modeling of the long-term tropospheric trends of hydroxyl radical for the Northern Hemisphere. *Atmospheric Environment* 34(29–30), 5,271–5,282.
- Kita K, Fujiwara M and Kawakami S (2000) Total ozone increase associated with forest fires over the Indonesian region and its relation to the El Niño Southern Oscillation. *Atmospheric Environment* 34(17), 2,681–2,690.
- Kleinman LI (2005) The dependence of tropospheric ozone production rate on ozone precursors. *Atmospheric Environment* 39(3), 575–586.
- Koelmeijer RBA and Stammes P (1999) Effects of clouds on ozone column retrieval from GOME UV measurements. *Journal of Geophysical Research* 104(D7), 8,281, doi:10.1029/1998JD100093.

- Koike M, Kondo Y, Kita K, Takegawa N, Masui Y, Miyazaki Y, Ko MW, Weinheimer AJ, Flocke F, Weber RJ, Thornton DC, Sachse GW, Vay SA, Blake DR, Streets DG, Eisele FL, Sandholm ST, Singh HB and Talbot RW (2003) Export of anthropogenic reactive nitrogen and sulfur compounds from the East Asia region in spring. *Journal of Geophysical Research* 108(D20), 8,789, doi:10.1029/2002JD003284.
- Krishnamurti TN, Jha B, Prospero J, Jayaraman A and Ramanathan V (1998) Aerosol and pollutant transport and their impact on radiative forcing over the tropical Indian Ocean during the January–February 1996 pre-INDOEX cruise. *Tellus* 50B(5), 521–542.
- Krol M and Lelieveld J (2003) Can the variability in tropospheric OH be deduced from measurements of 1,1,1-trichloroethane (methyl chloroform)? *Journal of Geophysical Research* 108(D3), doi:10.1029/2002JD002423.
- Langford AO (1999) Stratosphere-troposphere exchange at the subtropical jet: contribution to the tropospheric ozone budget at mid-latitudes. *Geophysical Research Letters* 26(16), 2,449–2,452, doi:10.1029/1999GL900556.
- Lauer A, Dameris M, Richter A, Burrows JP (2002) Tropospheric NO₂ columns: a comparison between model and retrieved data from GOME measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2, 67–78.
- Lawrence MG, Crutzen PJ, Rasch PJ, Eaton BE, Mahowald NM (1999) A model for studies of tropospheric photochemistry: description, global distributions and evaluation. *Journal of Geophysical Research* 104(D21), 26,245–26,277, doi:10.1029/1999JD900425.
- Lee DS, Nemitz E, Fowler D and Kingdon RD (2001) Modelling atmospheric mercury transport and deposition across Europe and the UK. *Atmospheric Environment* 35(32), 5,455–5,466.
- Lelieveld J and Dentener FJ (2000) What controls tropospheric ozone? *Journal of Geophysical Research* 105(D3), 3,531–3,551, doi:10.1029/1999JD901011.
- Li Q, Jacob DJ, Bey I, Palmer PI, Duncan BN, Field BD, Martin RV, Fiore AM, Yantosca RM, Parrish DD, Simmonds PG and Oltmans SJ (2002) Transatlantic transport of pollution and its effects on surface ozone in Europe and North America. *Journal of Geophysical Research* 107(D13), 4,166, doi:10.1029/2001JD001422.
- Li Q, Jacob DJ, Munger JW, Yantosca RM and Parrish DD (2004) Export of NO_x from the North American boundary layer: reconciling aircraft observations and global model budgets. *Journal of Geophysical Research* 109(D02313), doi:10.1029/2003JD004086.
- Liang J, Horowitz LW, Jacob DJ, Wang Y, Fiore AM, Logan JA, Gardner GM and Munger JW (1998) Seasonal budgets of reactive nitrogen species and ozone over the United States, and export fluxes to the global atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 103(D11), 13,435–13,450, doi:10.1029/97JD03126.
- Liang Q, Jaegle L, Jaffe DA, Weiss-Penzias P, Heckman A and Snow JA (2004) Long-range transport of Asian pollution to the northeast Pacific: seasonal variations and transport pathways of carbon monoxide. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S07), doi:10.1029/2003JD004402.
- Lin X, Trainer M and Liu SC (1988) On the nonlinearity of the tropospheric ozone production. *Journal of Geophysical Research* 93(D12), 15,879–15,888, doi:10.1029/88JD03750.
- Loring RO, Fuelberg HE, Fishman J, Watson MV and Browell EV (1996) Influence of a middle-latitude cyclone on tropospheric ozone distributions during a period of TRACE-A. *Journal of Geophysical Research* 101(D19), 23,941–23,956, doi:10.1029/95JD03573.
- Lui C-H and Akimoto H (1995) Regional environmental changes in East Asia: APARE/IGAC. Special Issue of Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences 6(3), 367–509.
- Manning MR, Lowe DC, Moss RC, Bodeker GE and Allan W (2005) Short-term variations in the oxidizing power of the atmosphere. *Nature* 436, 1,001–1,004.
- Marenco A, Thouret V, Nedelec P, Smit H, Helten M, Kley D, Karcher F, Simon P, Law K, Pyle J, Poschmann G, von Wrede R, Hume C and Cook T (1998) Measurement of ozone and water vapor by Airbus in-service aircraft: the MOZAIK airborne program, an overview. *Journal of Geophysical Research* 103(D19), 25,631–25,642, doi:10.1029/98JD00977.
- Mari C, Suhre K, Bates TS, Johnson JE, Rosset R, Bandy AR, Eisele FL, Mauldin RL III and Thornton DC (1998) Physico-chemical modeling of the first Aerosol Characterization Experiment (ACE 1) Lagrangian B. 2. DMS emission, transport and oxidation at the meso-scale. *Journal of Geophysical Research* 103(D13), 16,457–16,474, doi:10.1029/98JD01068.
- Meijer EW, van Velthoven PFJ, Thompson AM, Pfister L, Schlager H, Schulte P and Kelder H (2000) Model calculations of the impact of NO_x from air traffic, lightning, and surface emissions, compared with measurements. *Journal of Geophysical Research* 105(D3), 3,833–3,850, doi:10.1029/1999JD901052.
- Montzka SA, Spivakovsky CM, Butler JH, Elkins JW, Lock LT and Mondeel DJ (2000) New observational constraints for atmospheric hydroxyl on global and hemispheric scales. *Science* 288, 500–503.
- Morgenstern O and Carver GD (2001) Comparison of cross-tropopause transport and ozone in the upper troposphere and lower stratosphere region. *Journal of Geophysical Research* 106(D10), 10,205–10,221, doi:10.1029/2000JD900802.
- Moulin C, Lambert CE, Dayan U, Masson V, Ramonet M, Bousquet P, Legrand M, Balkanski YJ, Guelle W, Marticorena B, Bergametti G and Dulac F (1998) Satellite climatology of African dust transport in the Mediterranean atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 103(D11), 13,137–13,144, doi:10.1029/98JD00171.
- Naja M, Lal S, Venkataramani S, Modh KS and Chand D (1999) Variabilities in O₃, NO, CO and CH₄ over the Indian Ocean during winter. *Current Science* 76(7), 931–937.
- Novelli PC, Masarie KA, Lang PM, Hall BD, Myers RC, Elkins JW (2003) Reanalysis of tropospheric CO trends: effects of the 1997–1998 wildfires. *Journal of Geophysical Research* 108(D15), 4,464, doi:10.1029/2002JD003031.
- Nowak JB, Parrish DD, Neuman JA, Holloway JS, Cooper OR, Ryerson TB, Nicks DK Jr, Flocke F, Roberts JM, Atlas E, de Gouw JA, Donnelly S, Dunlea E, Hübler G, Huey LG, Schaubert S, Tanner DJ, Warneke C and Fehsenfeld FC (2004) Gas-phase chemical characteristics of Asian emission plumes observed during ITCT 2K2 over the eastern North Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S19), doi:10.1029/2003JD004488.

- Parrish DD, Trainer M, Holloway JS, Yee JE, Warshawsky MS, Fehsenfeld FC, Forbes GL and Moody JL (1998) Relationships between ozone and carbon monoxide at surface sites in the North Atlantic region. *Journal of Geophysical Research* 103(D11), 13,357-13,376, doi:10.1029/98JD00376.
- Parrish DD, Holloway JS, Jakoubek R, Trainer M, Ryerson TB, Hubler G, Fehsenfeld FC, Moody JL and Cooper OR (2000) Mixing of anthropogenic pollution with stratospheric ozone: a case study from the North Atlantic wintertime troposphere. *Journal of Geophysical Research* 105(D19), 24,363-24,374, doi:10.1029/2000JD900291.
- Parrish DD, Ryerson TB, Holloway JS, Neuman JA, Roberts JM, Williams J, Stroud CA, Frost GJ, Trainer M, Hübler G, Fehsenfeld FC, Flocke F and Weinheimer AJ (2004a) Fraction and composition of NO_y transported in air masses lofted from the North American continental boundary layer. *Journal of Geophysical Research* 109(D09302), doi:10.1029/2003JD004226.
- Parrish DD, Kondo Y, Cooper OR, Brock CA, Jaffe DA, Trainer M, Ogawa T, Hübler G and Fehsenfeld FC (2004b) Intercontinental Transport and Chemical Transformation 2002 (ITCT 2K2) and Pacific Exploration of Asian Continental Emission (PEACE) experiments: an overview of the 2002 winter and spring intensives. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S01), doi:10.1029/2004JD004980.
- Parrish DD, Dunlea EJ, Atlas EL, Schaubler S, Donnelly S, Stroud V, Goldstein AH, Miller DB, McKay M, Jaffe DA, Price HU, Hess PG, Flocke F and Roberts JM (2004c) Changes in the photochemical environment of the temperate North Pacific troposphere in response to increased Asian emissions. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S18), doi:10.1029/2004JD004978.
- Penkett SA, Volz-Thomas A, Parrish DD, Honrath RE and Fehsenfeld FC (1998) Preface. *Journal of Geophysical Research* 103(D11), 13,353-13,356, doi:10.1029/98JD01286.
- Penner JE, Bergmann DJ, Walton JJ, Kinnison D, Prather MJ, Rotman D, Price C, Pickering KE, Baughcum SL (1998) An evaluation of upper troposphere NO_x with two models. *Journal of Geophysical Research* 103(D17), 22,097-22,113, doi:10.1029/98JD01565.
- Perry KD, Cahill TA, Eldred RA, Dutcher DD and Gill TE (1997) Long-range transport of North African dust to the eastern United States. *Journal of Geophysical Research* 102(D10), 11,225-11,238, doi:10.1029/97JD00260.
- Peterson MC, Honrath RE, Parrish DD and Oltmans SJ (1998) Measurements of nitrogen oxides and a simple model of NO_x fate in the remote North Atlantic marine atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 103(D11), 13,489-13,503, doi:10.1029/97JD02307.
- Piters AJM, Levelt PF, Allaart MAF and Kelder HM (1998) Validation of GOME total ozone column with the Assimilation Model KNMI. *Advances in Space Research* 22(11), 1,501-1,504.
- Prados AI, Dickerson RR, Doddridge BG, Milne PA, Moody JL, Merrill JT (1999) Transport of ozone and pollutants from North America to the North Atlantic Ocean during the 1996 Atmosphere/Ocean Chemistry Experiment (AEROCE) intensive. *Journal of Geophysical Research*, 104(D21), 26,219-26,233, doi:10.1029/1999JD900444.
- Price C and Rind D (1992) A simple lightning parameterization for calculating global lightning distributions. *Journal of Geophysical Research* 97(D9), 9,919-9,933, doi:10.1029/92JD00719.
- Price HU, Jaffe DA, Cooper OR and Doskey PV (2004) Photochemistry, ozone production, and dilution during long-range transport episodes from Eurasia to the northwest United States. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S13), doi:10.1029/2003JD004400.
- Price HU, Jaffe DA, Doskey PV, McKendry I and Anderson TL (2003) Vertical profiles of O_3 , aerosols, CO and NMHCs in the Northeast Pacific during the TRACE-P and ACE-Asia experiments. *Journal of Geophysical Research* 108(D20), 8,799, doi:10.1029/2002JD002930.
- Prinn RG (2003) The cleansing capacity of the atmosphere. *Annual Review of Environment and Resources* 28, 29-57.
- Prinn RG, Boldi R, Hartley D, Cunnold D, Alyea F, Simmonds P, Crawford A, Rasmussen R, Fraser P, Gutzler D and Rosen R (1992) Global average concentration and trend for hydroxyl radicals deduced from ALE/GAGE trichloroethane (methyl chloroform) data for 1978-1990. *Journal of Geophysical Research* 97(D2), 2,445-2,461, doi:10.1029/91JD02755.
- Prinn RG, Huang J, Weiss RF, Cunnold DM, Fraser PJ, Simmonds PG, McCulloch A, Harth C, Salameh P, O'Doherty S, Wang RHJ, Porter L and Miller BR (2001) Evidence for substantial variations of atmospheric hydroxyl radicals in the past two decades. *Science* 292, 1,882-1,888.
- Prinn RG, Huang J, Weiss RF, Cunnold DM, Fraser PJ, Simmonds PG, McCulloch A, Harth C, Reimann S, Salameh P, O'Doherty S, Wang RHJ, Porter LW, Miller BR and Krummel PB (2005) Evidence for variability of atmospheric hydroxyl radicals over the past quarter century. *Geophysical Research Letters* 32, doi:10.1029/2004GL022228.
- Prospero JM (1999) Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: implications for regional air quality. *Journal of Geophysical Research* 104(D13), 15,917-15,928, doi:10.1029/1999JD900072.
- Prospero JM and Lamb PJ (2003) African droughts and dust transport to the Caribbean: climate change implications. *Science* 302(5,647), 1,024-1,027.
- Quinn PK and Bates TS (2005) Regional aerosol properties: Comparisons of boundary layer measurements from ACE 1, ACE 2, Aerosols99, INDOEX, ACE Asia, TARFOX and NEAQS. *Journal of Geophysical Research* 110(D14202), doi:10.1029/2004JD004755.
- Randriambelo T, Baray JL and Baldy S (2000) Effect of biomass burning, convective venting, and transport on tropospheric ozone over the Indian Ocean: Reunion Island field observations. *Journal of Geophysical Research* 105(D9), 11,813-11,832, doi:10.1029/1999JD901097.
- Reid JS, Kinney JE, Westphal DL, Holben BN, Welton EJ, Tsay SC, Eleuterio DP, Campbell JR, Christopher SA, Colarco PR, Jonsson HH, Livingston JM, Maring HB, Meier ML, Pilewskie P, Prospero JM, Reid EA, Remer LA, Russell PB, Savoie DL, Smirnov A and Tanre D (2003) Analysis of measurements of Saharan dust by airborne and ground-based remote sensing methods during the Puerto Rico Dust Experiment (PRIDE). *Journal of Geophysical Research* 108(D19), 8,586, doi:10.1029/2002JD002493.

- Richter A, Burrows JP, Nüß H, Granier C and Niemeier U (2005) Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space. *Nature* 437, 129–132, doi:10.1038/nature04092.
- Ridley BA, Pickering KE and Dye JE (2005) Comments on the parameterization of lightning-produced NO in global chemistry-transport models. *Atmospheric Environment* 39(33), 6,184–6,187.
- Rondanelli R, Gallardo L and Garreaud RD (2002) Rapid changes in ozone mixing ratios at Cerro Tololo (30°10'S, 70°48'W, 2200 m) in connection with cut-off lows and deep troughs. *Journal of Geophysical Research* 107(D23), 4,677, doi:10.1029/2001JD001334.
- Satheesh SK and Moorthy KK (1997) Aerosol characteristics over coastal regions of the Arabian Sea. *Tellus* 49B, 417–428.
- Scott RK, Cammas J-P, Mascart P and Stolle C (2001) Stratospheric filamentation into the upper tropical troposphere. *Journal of Geophysical Research* 106(D11), 11,835–11,848, doi:10.1029/2001JD900049.
- Seigneur C, Vijayaraghavan K, Lohman K, Karamchandani P and Scott C (2004) Global source attribution for mercury deposition in the United States. *Environmental Science and Technology* 38(2), 555–569.
- Shakina NP, Ivanova AR, Elansky NF and Markova TA (2001) Transcontinental observations of surface ozone concentration in the TROICA experiments. 2. The effect of stratosphere-troposphere exchange. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics* 37, S39–S48 Supplement 1.
- Shindell DT, Faluvegi G, Bell N and Schmidt GA (2005) An emissions-based view of climate forcing by methane and tropospheric ozone. *Geophysical Research Letters* 32(L04803), doi:10.1029/2004GL021900.
- Smith MW (1997) Method and results for optimizing the MOPITT methane bandpass. *Applied Optics* 36(18), 4,285.
- Spinhirne JD, Palm SP, Hart WD, Hlavka DL and Welton EJ (2005) Cloud and aerosol measurements from GLAS: overview and initial results. *Geophysical Research Letters* 32(L22S03), doi:10.1029/2005GL023507.
- Stevenson DS, Johnson CE, Collins WJ, Derwent RG and Edwards JM (2000) Future tropospheric ozone radiative forcing and methane turnover – the impact of climate change. *Geophysical Research Letters* 27(14), 2,073–2,076, doi:10.1029/1999GL010887.
- Stevenson D, Doherty R, Sanderson M, Johnson C, Collins B, Derwent D (2005) Impacts of climate change and variability on tropospheric ozone and its precursors. *Faraday Discussions* 130, 41–57.
- Stohl A and Trickl T (1999) A textbook example of long-range transport: Simultaneous observation of ozone maxima of stratospheric and North American origin in the free troposphere over Europe. *Journal of Geophysical Research* 104(D23), 30,445–30,462, doi:10.1029/1999JD900803.
- Stohl A, Trainer M, Ryerson TB, Holloway JS and Parrish DD (2002) Export of NO_x from the North American boundary layer during 1996 and 1997 North Atlantic Regional Experiments. *Journal of Geophysical Research* 107(D11), doi:10.1029/2001JD000519.
- Stohl A, Cooper OR, Damoah R, Fehsenfeld FC, Forster C, Hsieh EY, Hübler G, Parrish DD and Trainer M (2004) Forecasting for a Lagrangian aircraft campaign. *Atmospheric Chemistry and Physics* 4, 1,113–1124.
- Suhre K, Cammas JP, Nedelec P, Rosset R, Marenco A and Smit HGJ (1997) Ozone-rich transients in the upper equatorial Atlantic troposphere. *Nature*, 388(6,643), 661–663.
- Tegen I, Koch D, Lacis AA and Sato M (2000) Trends in tropospheric aerosol loads and corresponding impact on direct radiative forcing between 1950 and 1990: A model study. *Journal of Geophysical Research* 105(D22), 26,971–26,990, doi:10.1029/2000JD900433.
- Thakur AN, Singh HB, Ariani P, Chen Y, Wang Y, Jacob DJ, Brasseur G, Müller J-F and Lawrence M (1999) Distribution of reactive nitrogen species in the remote free troposphere: data and model comparisons. *Atmospheric Environment* 33, 1,403–1,422.
- Thompson AM, Tao W-K, Pickering KE, Scala JR and Simpson J (1997) Tropical deep convection and ozone formation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78(6), 1,043–10,54.
- Thompson AM, Doddridge BG, Witte JC, Hudson RD, Luke WT, Johnson JE, Johnson BJ, Oltmans SJ and Weller R (2000) A tropical Atlantic paradox: shipboard and satellite views of a tropospheric ozone maximum and wave-one in January–February 1999. *Geophysical Research Letters* 27(20), 3,317–3,320, doi:10.1029/1999GL011273.
- Thompson AM, Witte JC, Hudson RD, Guo H, Herman JR and Fujiwara M (2001) Tropical tropospheric ozone and biomass burning. *Science* 291 (5,511), 2,128–2,132.
- Thompson AM, Witte JC, Oltmans SJ, Schmidlin FJ, Logan JA, Fujiwara M, Kirchhoff VWJH, Posny F, Coetzee GJR, Hoegger B, Kawakami SJ, Ogawa T, Fortuin JPF, Kelder HM (2003a) Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology 1. Comparison with Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) and ground-based measurements. *Journal of Geophysical Research* 108(D2), 8,238, doi:10.1029/2001JD000967.
- Thompson AM, Witte JC, Oltmans SJ, Schmidlin FJ, Logan JA, Fujiwara M, Kirchhoff VWJH, Posny F, Coetzee GJR, Hoegger B, Kawakami S, Ogawa T, Fortuin JPF and Kelder HM (2003b) Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology. 2. Tropospheric variability and the zonal wave-one. *Journal of Geophysical Research* 108(D2), 8,241, doi:10.1029/2002JD002241.
- Thompson AM, Witte JC, Schmidlin FJ and Oltmans SJ (2003c) Insights into tropical tropospheric ozone from the SHADOZ (Southern Hemisphere Additional Ozonesondes) sounding network. *AMS Conference on Atmospheric Chemistry, Gases, Aerosols and Clouds*, Vol. 5.
- Torres O and Bhartia PK (1999) Impact of tropospheric aerosol absorption on ozone retrieval from backscattered ultraviolet measurements. *Journal of Geophysical Research* 104(D17), 21,569–21,577, doi:10.1029/1999JD900410.
- Travnikova O (2005) Contribution of the intercontinental atmospheric transport to mercury pollution in the Northern Hemisphere. *Atmospheric Environment* 39(39), 7,541–7,548.

- Trickl T, Cooper OR, Eisele H, James P, Mücke R and Stohl A (2003) Intercontinental transport and its influence on the ozone concentrations over central Europe: three case studies. *Journal of Geophysical Research* 108(D12), 8,530, doi:10.1029/2002JD002735.
- van der A RJ (2001) Improved ozone profile retrieval from combined nadir/limb observations of SCIAMACHY. *Journal of Geophysical Research* 106(D13), 14,583–14,594, doi:10.1029/2001JD900089.
- van Dorland R, Dentener FJ and Lelieveld J (1997) Radiative forcing due to tropospheric ozone and sulfate aerosols. *Journal of Geophysical Research* 102(D23), 28,079–28,100, doi:10.1029/97JD02499.
- VanCuren RA and Cahill T (2002) Asian aerosols in North America: Frequency and concentration of fine dust. *Journal of Geophysical Research* 107(D24), 4,804, doi:10.1029/2002JD002204.
- VanCuren RA, Cliff SS, Perry KD and Jimenez-Cruz M (2005) Asian continental aerosol persistence above the marine boundary layer over the eastern North Pacific: continuous aerosol measurements from Intercontinental Transport and Chemical Transformation 2002 (ITCT 2K2). *Journal of Geophysical Research* 110(D09S90), doi:10.1029/2004JD004973.
- Wang Y and Jacob DJ (1998) Anthropogenic forcing on tropospheric ozone and OH since pre-industrial times. *Journal of Geophysical Research* 103(D23), 31,123–31,136, doi:10.1029/1998JD100004.
- Wang Y, Choi Y, Zeng T, Ridley B, Blake N, Blake D and Flocke F (2006) Late-spring increase of trans-Pacific pollution transport in the upper troposphere. *Geophysical Research Letters* 33(L01811), doi:10.1029/2005GL024975.
- Weiss-Penzias P, Jaffe DA, Jaegl L and Liang Q (2004) Influence of long-range-transported pollution on the annual and diurnal cycles of carbon monoxide and ozone at Cheeka Peak Observatory. *Journal of Geophysical Research* 109(D23S14), doi:10.1029/2004JD004505.
- Winker D, Hostetler C and Hunt W (2004) CALIOP: The CALIPSO LiDAR. Proceedings of the 22nd International Laser Radar Conference, Matera, Italy. ESA SP-561(2), 941–944.
- Wotawa G and Trainer M (2000) The influence of Canadian forest fires on pollutant concentrations in the United States. *Science* 288, 324–328.
- Wotawa G, Novelli PC, Trainer M and Granier C (2001) Inter-annual variability of summertime CO concentrations in the Northern Hemisphere explained by boreal forest fires in North America and Russia. *Geophysical Research Letters* 28(24), 4,575–4,578, doi:10.1029/2001GL013686.
- Yienger JJ (2000) The episodic nature of air pollution transport from Asia to North America. *Journal of Geophysical Research* 105(D22), 26,931–26,946, doi:10.1029/2000JD900309.
- Yurganov LN, Blumenstock T, Grechko EI, Hase F, Hyer EJ, Kasischke ES, Koike M, Kondo Y, Kramer I, Leung FY, Mahieu E, Mellqvist J, Notholt J, Novelli PC, Rinsland CP, Scheel HE, Schulz A, Strandberg A, Sussmann R, Tanimoto H, Velasco V, Zander R and Zhao Y (2004) A quantitative assessment of the 1998 carbon monoxide emission anomaly in the Northern Hemisphere based on total column and surface concentration measurements. *Journal of Geophysical Research* 109(D15305), doi:10.1029/2004JD004559.
- Yurganov LN, Duchatelet P, Dzhola AV, Edwards DP, Hase F, Kramer I, Mahieu E, Mellqvist J, Notholt J, Novelli PC, Rockmann A, Scheel HE, Schneider M, Schulz A, Strandberg A, Sussmann R, Tanimoto H, Velasco V, Drummond JR and Gille JC (2005) Increased Northern Hemispheric carbon monoxide burden in the troposphere in 2002 and 2003 detected from the ground and from space. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5, 563–573.
- Zachariasse M, Smit HGJ, van Velthoven PFJ and Kelder H (2001) Cross-tropopause and inter-hemispheric transports into the tropical free troposphere over the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research* 106(D22), 28,441–28,452, doi:10.1029/2001JD900061.
- Zahn A, Brenninkmeijer CAM, Asman WAH, Crutzen PJ, Heinrich G, Fischer H, Cuijpers JWM and van Velthoven PFJ (2002) Budgets of O₃ and CO in the upper troposphere: CARIBIC passenger aircraft results 1997–2001. *Journal of Geophysical Research* 107(D17), 4,337, doi:10.1029/2001JD001529.
- Zhang RJ, Wang MX, Zeng QC (2000) Global two-dimensional chemistry model and simulation of atmospheric chemical composition. *Advances in Atmospheric Science* 17(1), 72–82.
- Ziemke JR and Chandra S (2003) La Niña and El Niño-induced variabilities of ozone in the tropical lower atmosphere during 1970–2001. *Geophysical Research Letters* 30(3), 1,142, doi:10.1029/2002GL016387.
- Ziemke JR, Chandra S and Bhartia PK (1998) Two new methods for deriving tropospheric column ozone from TOMS measurements: assimilated UARS MLS/HALOE and convective-cloud differential techniques. *Journal of Geophysical Research* 103(D17), 22,115–22,127, doi:10.1029/98JD01567.
- Ziemke JR, Chandra S and Bhartia PK (2000) A new NASA data product: tropospheric and stratospheric column ozone in the tropics derived from TOMS measurements. *Bulletin of the American Meteorological Society* 81(3), 580–583.
- Ziemke JR, Chandra S, and Madden-Julian A (2003) Oscillation in tropospheric ozone. *Geophysical Research Letters* 30(23), 2,182, doi:10.1029/2003GL018523.
- Ziemke JR, Chandra S, Bhartia PK (2005) A 25-year data record of atmospheric ozone in the Pacific from Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) cloud slicing: implications for ozone trends in the stratosphere and troposphere. *Journal of Geophysical Research* 110(D15105), doi:10.1029/2004JD005687.

七 缩略语

ACE	Aerosol Characterization Experiments
AERONET	Aerosol Robotic Network
AOD	Aerosol Optical Depth
APARE	East Asia/North Pacific Regional Experiment
BAHC	Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle
BIBLE	Biomass Burning and Lightening Experiment
CACGP	Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution
CARIBIC	Civil Aircraft for Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container
CTM	Chemical Transport Model
DIVERSITAS	An international program of biodiversity science
ECMWF	European Center for Medium-Range Weather Forecasts
ENVISAT	Environment Satellite
ESSP	Earth System Science Partnership which includes four programs
ESA	European Space Agency
EXPRESSO	Experiment for Regional Sources and Sinks of Oxidants
GAIM	Global Analysis, Integration, and Modeling
GAW	Global Atmospheric Watch
GEIA	Global Emissions Inventory Activity
GCTE	Global Change and Terrestrial Ecosystems
GLOBEC	Global Ocean Ecosystem Dynamics
GWP	Global Warming Potential
HCFCs	hydrochlorofluorocarbons
IAMAS	International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences
IGAC	International Global Atmospheric Chemistry Project
IGACO	Integrated Global Atmospheric Chemistry Observation
IGBP	International Geosphere Biosphere Program
IGOS-P	Integrated Global Observing Strategy Partnership
IHDP	International Human Dimensions Program
iLEAPS	Integrated Land Ecosystem - Atmosphere Processes Study
INDOEX	Indian Ocean Experiment
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITCT	Intercontinental Transport and Chemical Transformation
JGOFS	Joint Global Ocean Flux Study
LUCC	Land-Use and Land-Cover Change
MATCH-MPIC	Model of Atmospheric Transport and Chemistry - Max Planck Institute for Chemistry version
MINOS	Mediterranean Intensive Oxidant Study
MILOPEX	Mauna Loa Observatory Photochemical Experiment M L
MOZAIC	Measurement of Ozone and water vapor by Airbus in-service

	airCRAFT
NARE	North Atlantic Regional Experiment
NASA	National Aeronautic and Space Administration (U.S.)
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
PAGES	Past Global Changes
PEM	Pacific Exploratory Mission
SAFARI	Southern African Fire-Atmosphere Research Initiative
SHADOZ	Southern Hemisphere ADditional Ozonesondes
SOLAS	Surface Ocean Lower Atmosphere Study
SPARC	Stratospheric Processes and their Role in Climate
STARE	Southern Tropical Atlantic Region Experiment
TARFOX	Tropospheric Aerosol Radiative Forcing Observational Experiment
TES	Thermal Emission Spectrometer
TRACE-A	Tropospheric and Atmospheric Chemistry in the Atlantic
TRACE-P	Transport and Chemical Evolution over the Pacific
TRAGNET	United States Trace Gas Network
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VOCs	Volatile Organic Compounds
WCRP	World Climate Research Program
WMO	World Meteorological Organization
WOUDC	World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre

国际大气化学计划 (IGAC)

国际大气化学计划 (International Global Atmospheric Chemistry project, IGAC) 是国际地圈生物圈计划 (IGBP) 和大气化学与全球污染委员会 (CACGP) 下属的多学科研究项目。IGBP 是国科联设立的跨学科研究团体, CACGP 是国际气象学与大气科学协会 (IAMAS) 下设委员会之一。

更多的相关信息请访问:

IGBP: www.igbp.net

CAGCP: croc.gsfc.nasa.gov/cacgp

ICSU: www.icsu.org



ICSU

International Council for Science