

大气中一氧化碳浓度变化的模拟研究*

张仁健 王明星

(中国科学院大气物理所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029)

摘 要 应用全球二维大气化学模式, 模拟了 CO 、 CH_4 和 OH 自由基等成分自工业革命到 2020 年的长期变化。模拟的全球 CO 平均体积分数在 1840 年、1991 年和 2020 年分别为 27×10^{-6} 、 76×10^{-6} 和 105×10^{-6} 。从 1840 到 1991 年, OH 自由基浓度从 7.17×10^5 个分子/ cm^3 下降到 5.79×10^5 个分子/ cm^3 , 降低了 19%。模拟的 CH_4 长期变化与冰芯资料相符, 模拟的 20 世纪 80 年代 CO 体积分数年增长率为 1.03%~1.06%, 大气中 CO 在 20 世纪 90 年代前是增长的, 而到 90 年代初观测到 CO 体积分数突然下降。应用二维大气化学模式对此原因进行了模拟研究, 结果表明, CO 排放源的减少是 CO 体积分数下降的主要因素, 平流层臭氧减少是另一个重要因子。尽管 CO 排放源的减少对大气 CH_4 增长率的变化有较大影响, 而 CH_4 排放源减少对 CO 体积分数变化却几乎没有影响。

关键词: 二维大气化学模式; 一氧化碳; OH 自由基; 甲烷

1 引言

CO 是大气中含碳量第三的微量成分, 仅次于 CO_2 和 CH_4 。 CO 不仅是一种影响人体健康的污染物^[1], 同时在大气化学过程中起重要作用。 CO 在大气中的汇是与 OH 自由基反应, 对流层大气中约有 60% 的 OH 自由基通过与 CO 的反应而失去, 其余的 OH 与 CH_4 及其不同的氧化产物和各类碳氢化合物反应而失去^[2]。大气中 CO 、 CH_4 、 NO_x 排放源一直由于人类活动而增大, 不仅引起它们自身体积分数的变化, 同时还影响 OH 自由基浓度分布, 从而影响整个大气化学组成。

在过去的 20 年间, 全球二维大气化学模式已经被广泛用来研究大气化学组成及其全球收支^[3~9]。为了进一步研究大气化学成分的变化机理, 预测其未来浓度变化, 有必要对大气成分的排放源、动力输送过程、化学转化机理一系列相互关联的过程进行深入的研究。

应用已建立的全球二维大气化学模式^[10], 其中考虑 CO 、 CH_4 和 NO_x 这 3 种大气成分排放源的纬度、时间的变化, 首先模拟 CO 、 OH 、 CH_4 自工业革命以来的长期变化, 然后对 20 世纪 90 年代初 CO 体积分数突然下降的原因进行模拟研究和分析。

2 模式简介

本模式为一包括了复杂化学反应机制的全球二维大气化学模式, 它包括了从南极到

2000-02-21 收到, 2000-04-10 收到修改稿

* 中国科学院知识创新工程重大项目 KZCX1-SW-01 和方向性项目 KZCX2-204 资助

北极, 从地面到 20 km 范围内的大气。模式的水平分辨率为 5° , 垂直分辨率为 1 km。模式考虑了 34 种大气成分和 104 个化学和光化学反应, 其中, 固定成分 5 种: N_2 、 O_2 、 H_2 、 CO_2 、 H_2O ; 活泼成分 13 种: $O(^3P)$ 、 $O(^1D)$ 、 H 、 OH 、 HO_2 、 N 、 NO_3 、 HCO 、 CH_2O 、 CH_3 、 CH_3O 、 CH_3O_2 、 CH_3OOH ; 较长寿命成分 16 种: CH_4 、 N_2O 、 CO 、 CH_3Cl 、 $CFCl_3$ 、 CCl_4 、 CF_2Cl_2 、 CH_3CCl_3 、 O_3 、 $NO_x(NO+NO_2)$ 、 H_2O_2 、 HNO_2 、 HNO_3 、 HNO_4 、 N_2O_5 。连续方程采用二维交替方向隐式格式方法^[11,12], 时间步长为 8 h。其中反应系数主要参考文献[3~8], 光解截面取自文献[13,14], 扩散系数 K_{yy} 和 K_{zz} 取自文献[15]; 温度场和水汽场取自欧洲中心多年月平均资料 (ECMWF); 模式的流场为根据加热率计算的剩余环流^[16]。

模式对 CO 、 CH_4 和 NO_x 的排放源进行了处理, 主要将其分为季节性源和非季节性源。 CH_4 的排放源如稻田、沼泽有季节变化, 为季节性排放源; 其他排放源如反刍动物、采煤、天然气利用、城市垃圾、白蚁、海洋等不考虑季节变化, 为非季节性源。这样, 将 CH_4 排放源参数化为纬度和时间 (季节和年际) 的函数。 CO 和 NO_x 的排放源, 除了生物体燃烧排放为季节性排放源外, 其他为非季节性源。 CO 和 NO_x 的排放源被参数化为纬度和时间 (季节) 的函数^[9]。

3 模式试验研究

3.1 一个稳态模拟

根据文献[8], 取 1990 年 CO 、 CH_4 和 NO_x 的年排放量分别为 529 Tg, 800 Tg 以及 40 Tg (N); 同时, 还考虑了 CO 和 CH_4 的地面土壤吸收, 土壤吸收 CH_4 量为 30 Tg/a, CO 为 80 Tg/a。将参数化的排放源应用到模式中, 长期积分后得到大气化学成分分布。表 1 给出了 1990 年 CO 的源汇收支。

表 1 1990 年 CO 源和汇

源		汇	
化石燃料	240 Tg	土壤吸收	80 Tg
生物体燃烧	320 Tg	与 OH 反应	1600 Tg
NMHC 氧化	240 Tg	向模式顶输送	20 Tg
CH_4 氧化	900 Tg		
总源	1 700 Tg	总汇	1 700 Tg

图 1 是模拟的 1 月和 7 月的 CO 体积分数的高度纬度分布图。 CO 在大气中的汇主要是与 OH 反应。 CO 在北半球明显高于南半球, 这与 CO 的一大排放源——化石燃料燃烧主要分布在北半球有关。在北半球, CO 在 1 月份明显高于 7 月份, 这是由于 7 月份, OH 浓度高值区位于北半球 (图 2)。

CH_4 和 CO 在大气中的汇均是与 OH 反应, 如何得到 OH 的合理分布是非常重要的。由于 OH 在大气中很活泼, 寿命很短, 浓度低, 又存在强烈的日变化, 难以准确地测量, 一般通过模式计算得到。OH 浓度决定于太阳辐射以及水汽、 CH_4 、 CO 、

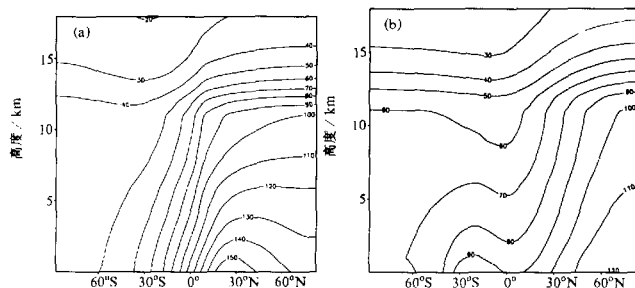


图1 模拟的1月(a)和7月(b)CO体积分数的纬度-高度分布(单位: 10^{-9})

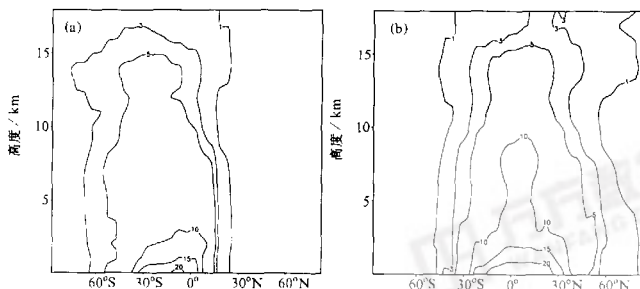


图2 模拟的1月(a)和7月(b)OH浓度的纬度-高度分布(单位: 10^5 个分子 cm^{-3})

O_3 、 NO_x 等多种大气成分的浓度分布。图2给出了模式计算的1月和7月的OH自由基浓度的纬度-高度分布。1月份, OH在南半球赤道地区有最大值, 而7月份, OH在北半球赤道地区有最大值。OH高值区的出现主要与那里存在较大的水汽浓度以及较强的辐射作用有关。以前的一些研究^[17]用模式计算OH时不考虑CO的季节变化, 由于本模式考虑了CO的季节变化, 得到的OH分布更合理。

图3是模拟的1990年全球地面层CO体积分数的纬度变化与美国大气海洋局的监测观测资料(NOAA/CMDL)

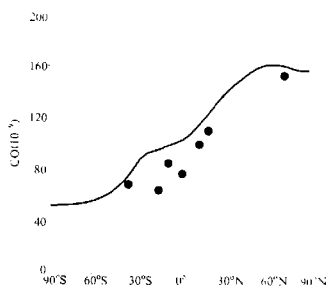


图3 模拟和观测的地面层CO体积分数的纬度变化
点为CO观测值(NOAA/CMDL); 实线为CO模拟值

CMDL) 的比较。两者之间的变化趋势是一致的, 从南极到赤道 CO 逐渐增大, 60°N 达到最大值; 从 60°N 到北极, CO 又逐渐减低。CO 的这种分布主要由于其地面排放源分布在北半球, 同时 CH₄ 在北半球体积分数也高于南半球, 因此北半球 CH₄ 氧化产生的 CO 高于南半球氧化产生的 CO。

图 4 给出了模拟的 CO 在 50~55°N 处与全球大气背景观测站 Mace Head, Ireland (55°N, 16°40'W) 观测结果的比较。模拟的 CO 在 3 月达到最大值, 在 8 月达到最小值; 观测的 CO 在 4 月达到最大值, 8 月达到最小值。模拟与观测的 CO 季节变化有较好的一致性。

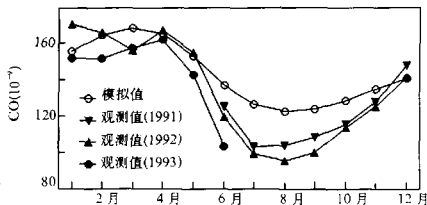


图 4 地面 (55~60°N) CO 体积分数的季节变化

3.2 CO、CH₄ 和 OH 的长期变化

3.2.1 排放源的长期变化

根据世界人口的增长^[18], 得到 CO、CH₄ 和 NO_x 排放源自 1840 年后的增长公式:

$$\text{CO} \quad S_{\text{CO}} = 320 + 76.8[e^{0.01312(y-1840)} - 1]$$

$$\text{CH}_4 \quad S_{\text{CH}_4} = 280 + 39.225[e^{0.013224(y-1840)} - 1]$$

$$\text{NO}_x \quad S_{\text{NO}_x} = 20 + 3.2[e^{0.01312(y-1840)} - 1]$$

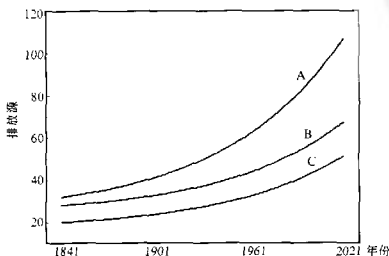


图 5 CO、CH₄ 和 NO_x 排放源的长期变化

A 为 CO 排放源 (10 Tg); B 为 CH₄ 排放源 (10 Tg);

C 为 NO_x 排放源 (TgN)

式中 y 为年份。用此公式, 主要考虑稻田、家畜、生物体燃烧、城市垃圾和煤矿开采与天然气利用等人类排放源随时间增长。又考虑到在 1950 年前以较慢的速度增长, 在 1950 年后以较快的速度增长; 而反刍动物 (野生)、自然湿地、白蚁和海洋等自然排放源则保持不变 (图 5)。按此计算, CH₄、CO 和 NO_x 在工业革命前的年份排放源分别为 280 Tg、320 Tg 和 20 Tg N, 1991 年分别为 530 Tg、800 Tg 和 40 Tg N。与 IPCC (1994) 报告^[19]提供的数据基本一致。

3.2.2 CO、CH₄ 和 OH 的长期变化

工业革命前, 人类活动对大气成分的扰动相对较小, 如在工业革命前相当长的一段时间内, CH₄ 体积分数在 $600 \times 10^{-9} \sim 800 \times 10^{-9}$ 之间波动; 工业革命后迅速增长, 其

他成分如 CO_2 及 N_2O 也是在工业革命后明显增大。这里把工业革命前的大气看成处于准稳定态。根据文献[9], 取工业革命前 CH_4 、 CO 和 NO_x 的年排放量分别为 320 Tg、280 Tg 和 20 Tg N。对模式进行长时间积分, 得到的大气成分作为工业革命 (1840 年前) 的大气化学组成。以此作为初值, 加入 CO 、 CH_4 及 NO_x 这三种成分排放源的长期变化方案, 运行模式后得到 1840 年以来的 CO 、 CH_4 、 OH 、 O_3 的长期变化 (图 6)。模拟得到的 CH_4 体积分数的长期变化与南极冰芯资料 (1983 年前) 以及 Cape Grim ($40^\circ 41'\text{S}$, $144^\circ 41'\text{E}$) 观测站 (1983~1992 年) 的观测结果一致。

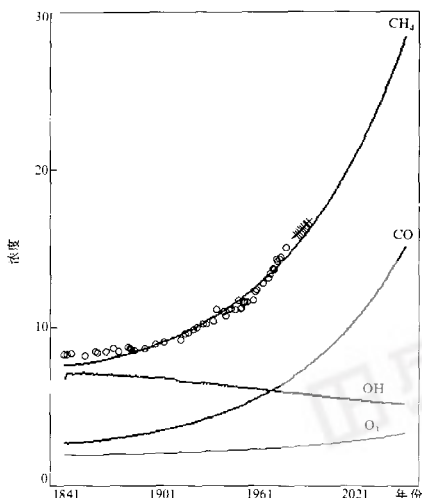


图 6 模拟的 CO 、 CH_4 、 OH 和 O_3 的长期变化

CO (10×10^{-9}); CH_4 (100×10^{-9}); OH (10^5 个分子 / cm^3); O_3 (10×10^{-9})

○ 为 CH_4 观测值 (冰芯资料); × 为 CH_4 观测值 (Cape Grim 站)

模式计算的 CO 增长率为在 20 世纪 80 年代为 $1.03\%/\text{a} \sim 1.06\%/\text{a}$ 。观测结果^[20]表明, CO 在 1990 年前的 30 年间以 1% 速度增长。计算的 CH_4 增长率在 20 世纪 80 年代为 $0.79\%/\text{a} \sim 0.83\%/\text{a}$, 相应地, 在大气中的年增长为 $32.7 \sim 37.3$ Tg。IPCC (1994) 指出^[18], 大气 CH_4 在 1980~1990 年之间的年增长为 $35 \sim 40$ Tg。从 1840~1991 年, CH_4 、 CO 、 O_3 的体积分数均有较大幅度增长, OH 自由基浓度是下降的、降低了 19% 。其他研究^[21]用一维模式也取得类似的结果。

3.2.3 大气中 CO 体积分数的变化

CO 体积分数在 1990~1993 年以每年百分之几的惊人速度下降, 观测结果表明^[22], 1990 年 6 月到 1993 年 7 月, 北半球 CO 体积分数下降 $(7.3 \pm 0.9) \times 10^{-9}$, 南半球

下降了 $(4.2 \pm 0.5) \times 10^{-9}$ 。另一研究表明^[23], CO 在 20 世纪 80 年代以 $(1.2 \pm 0.6)\%$ 的年增长率增长, 而在 1988 年至 1992 年, CO 在北半球下降 $(1.3 \pm 0.9) \times 10^{-9}/\text{a}$, 南半球下降了 $(2.3 \pm 0.3) \times 10^{-9}/\text{a}$ 。

关于 CO 的突然下降, 有两种可能^[23], 一是 CO 排放源的减少, 在北半球、人类源排放 CO 有下降趋势, 美国 CO 是“标准污染物”, 绝大多数汽车排放 CO 前体物受越来越严格的控制, 而且这种控制措施已推广到欧洲。一些地区如原属苏联和东欧一些国家的经济衰退, 也引起 CO 排放源的减少。这些因子综合起来, 可能是北半球 CO 体积分数下降的原因。在南半球, 热带地区 CO 主要排放源—生物体燃烧排放的下降是 CO 下降的主要原因。另一个可能是由于 OH 在大气中的变化。平流层 O_3 减少以及 CH_4 排放源的变化都可能引起 OH 自由基浓度的变化, 从而引起 CO 体积分数的变化。观测结果表明^[24], 1992 年平流层 O_3 比前年有较大的减少, 引起进入对流层的太阳紫外辐射增强, O_3 的光解率增大, $\text{O}(\text{D})$ 浓度的增大, 进而引起对流层 OH 浓度的增大, 使 CO 的汇增强。 CH_4 在大气中的主要汇是与 OH 反应, CH_4 排放源的变化不仅会影响本身的浓度, 还可能影响 OH 的浓度, 因此对 CO 体积分数变化产生影响。

应用二维大气化学模式对可能影响 CO 在 20 世纪 90 年代初体积分数突然下降的主要原因如 CO 排放源减少、平流层 O_3 减少、 CH_4 排放源减少等因子进行模拟研究。将模式 1840 年运行到 1991 年, 然后在 1992 年对上述可能对 CO 体积分数下降有贡献的因子进行模拟研究。以下为各模拟方案:

方案 A: 如果 1992 年 CO 排放源减少 50 Tg, 那么 CO 体积分数将不增加而是下降, 在北半球下降 3.35×10^{-9} , 南半球下降 1.49×10^{-9} 。这与 Khalil^[23]的观测结果基本一致, 即北半球 CO 体积分数下降 $(7.3 \pm 0.9) \times 10^{-9}$, 南半球下降 $(4.2 \pm 0.5) \times 10^{-9}$ 。

方案 B: 如果 1992 年 CO 排放源减少 100 Tg/a, 那么 CO 体积分数在北半球下降 8.02×10^{-9} , 南半球下降 3.74×10^{-9} 。这与 Novelli^[23]的观测结果基本一致, 即 1988 年至 1992 年, CO 在北半球下降 $(1.3 \pm 0.9) \times 10^{-9}/\text{a}$, 南半球下降 $(2.3 \pm 0.3) \times 10^{-9}/\text{a}$ 。

方案 C: 根据有关研究^[24], 全球平流层 O_3 在 1992 年约下降了 6%, 模式计算表明, 会导致 CO 体积分数在北半球下降 2.21×10^{-9} , 南半球下降 1.22×10^{-9} , 占 CO 体积分数降低量的 25%。

方案 D: 研究发现^[25], 如果 1992 年 CH_4 排放源下降 27.7 Tg (北半球 $30 \sim 60^\circ\text{N}$ 减少 21.4 Tg, 南半球 $0 \sim 30^\circ\text{S}$ 下降 6.3 Tg), 会导致 CH_4 增长率下降, 即北半球下降 9.8×10^{-9} , 南半球下降 3.4×10^{-9} , 与观测到的 1992 年 CH_4 增长率大幅度下降的现象一致^[26]。而这里试验表明, CH_4 排放源减少 27.7 Tg 对 CO 体积分数下降几乎没有什么影响。

以上实验方案模拟结果列于表 2。结果表明, 20 世纪 90 年代初 CO 体积分数的下降主要原因是由于 CO 排放源的降低, 平流层 O_3 的减少是另一个主要因子, 它对 CO 体积分数下降的贡献可以达到 25% 以上。

4 总结与讨论

本文用全球二维大气化学模式来研究大气中 CO、 CH_4 和 OH 等成分的长期变化。

模式同时考虑了 CO 、 CH_4 和 NO_x 这 3 种排放源受人类活动影响较大的成分。模拟结果与观测结果有较好的一致性。 CO 体积分数从工业革命前的 27×10^{-9} 增长到 1991 年的 76×10^{-9} 。如果继续按照给定的排放方案增长, 2020 年可达到 105×10^{-9} 。从 1840 到 1991 的 150 年间, OH 自由基的浓度下降了 19%。模拟的 CO 在 20 世纪 80 年代的增长率为 1%, 与观测结果一致。

表 2 CO 体积分数下降原因的模拟研究

试验方案	地 区	CO 体积分数变化 (10^{-9})
方案 A (CO 排放源减少 50 Tg, 其余不变)	北半球	-3.35
	南半球	-1.49
方案 B (CO 排放源减少 100 Tg, 其余不变)	北半球	-8.02
	南半球	-3.74
方案 C (平流层 O_3 减少 6%)	北半球	-2.21
	南半球	-1.22
方案 D (CH_4 排放源在 $30 \sim 60^\circ\text{N}$ 减少 21.4 Tg, 在 $0 \sim 30^\circ\text{S}$ 减少 6.3 Tg)	北半球	-0.1
	南半球	-0.06

对 20 世纪 90 年代初的大气 CO 体积分数突然下降的原因进行了模拟研究, 得到以下几点结论:

(1) CO 排放源的减少是主要原因, CO 排放源的减少范围大约在 $50 \sim 100 \text{ Tg/a}$ 。主要与人类活动引起 CO 排放减少和生物体燃烧源的减少有关, 说明今后应继续加强对 CO 人为排放源的控制。

(2) 平流层 O_3 减少是影响 CO 体积分数变化的另一个主要原因, 人类活动有可能通过影响大气 O_3 的变化, 对大气 CO 体积分数产生间接影响, 因此在研究 CO 体积分数的年际变化时, 需要考虑平流层 O_3 的年际波动。

(3) 尽管 CO 排放源的降低对 CH_4 增长率有较大影响, 而可能的 CH_4 排放源的减少对 CO 体积分数降低并没有什么影响, 也就是说, CO 和 CH_4 排放源的变化对彼此之间的体积分数影响是单向的。

参 考 文 献

- Derel Elsom, *Smog Alert: Managing Urban Air Quality*, London: Earthscan Publications Ltd., 1996, 225pp.
- Cruzen, P. J., On the role of CH_4 in atmospheric chemistry: sources, sinks and Possible Reductions in Anthropogenic Sources, *Royal Swedish Academy of Sciences*, 1995, **24**(1), 52~55.
- Gidel L. T. and P. J. Crutzen, A two-dimensional photochemical of the atmosphere. I. Chlorocarbon emissions and their effect on stratospheric ozone, *J. Geophys. Res.*, 1983, **88**, 6622~6640.
- Gidel L. T. and P. J. Crutzen, A two-dimensional photochemical of the atmosphere, II. The tropospheric budgets of anthropogenic chlorocarbon, CH_4 , CO , CH_2Cl_2 and the effect of various NO_x sources on tropospheric ozone, *J. Geophys. Res.*, 1983, **88**, 6641~6661.
- Hough, A. M., The development of a two-dimensional global tropospheric model: model chemistry, *J. Geophys. Res.*, 1991, **96**, 7325~7362.
- Law, K. S and J. A. Pyle, Modeling traces gas budgets in the troposphere. I. ozone and odd nitrogen, *J. Geophys. Res.*, 1993, **98**, 18377~18400.
- Law, K. S and J. A. Pyle, Modeling traces gas budgets in the troposphere. II. CH_4 and CO , *J. Geophys. Res.*, 1993, **98**, 18401~18412.

- 8 樊小标, 石广玉, 二维化学模式及其对大气化学成分模拟, 中国地区大气臭氧变化及其对气候环境的影响, 北京: 气象出版社, 1996, 209~221.
- 9 李维亮, 周秀骥, 二维全球动力、辐射和光化学耦合模式研究, 北京: 气象出版社, 1995, 109pp.
- 10 Zhang Renjian, Wang Mingxing and Zeng Qingcun, Global two-dimensional chemical model and its simulation of composition of atmosphere, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, 17(1), 72~82.
- 11 王书仁, 陈献伟, 游永乾, 王贵勤, 多元大气数值模拟, 北京: 气象出版社, 1992, 272.
- 12 苏煜斌, 吴自光, 偏微分方程数值解法, 北京: 气象出版社, 1989, 444~446.
- 13 DeMore, W. B., M. J. Molina, S. P. Sander, D. M. Golden, R. F. Hampson, I. J. Kurylo, C. J. Howard and A. R. Ravishankara, Chemical kinetics and photochemical data for use in stratospheric modeling, JPL 87-41 Publ., Jet Propul. Lab., Inst. of Technol., California, 1987, 195pp.
- 14 World Meteorological Organization (WMO), Atmospheric Ozone 1985, Assessment of our understanding of the processes controlling its present distribution and change, Rep. 16, Global Ozone Res. Monit. Proj., Geneva, 1986.
- 15 Hidaigo, H. and P. J. Crutzen, The tropospheric and stratospheric composition perturbed by NO_x emissions of high-altitude aircraft, *J. Geophys. Res.*, 1977, 82, 5833~5866.
- 16 Stordal, F., I. S. A. Isaksen and K. Horntveit, A diabatic circulation two-dimensional model with photochemistry: simulations of ozone and long-lived tracers with surface sources, *J. Geophys. Res.*, 1985, 90, 5757~5776.
- 17 Taylor, J. A., G. P. Brasseur, P. R. Zimmerman and R. J. Cicerone, A study of the sources and sinks of methane and methyl chloroform using a global three-dimensional lagrangian tropospheric tracer transport model, *J. Geophys. Res.*, 1991, 96, 3013~3044.
- 18 Khalil, M. A. K. and R. A. Rasmussen, Atmospheric methane trends over the last 10,000 years, *Atmos. Environ.*, 1987, 21(11), 2445~2452.
- 19 Houghton, J. T. et al. (eds), *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 1994, 339pp.
- 20 Zander, R., Ph. Demoulin, D. H. Ehhalt, U. Schmidt and C. P. Rinsland, secular increase of the total vertical column abundance of carbon monoxide above central Europe since 1950, *J. Geophys. Res.*, 1989, 94, 11021~11028.
- 21 Crutzen, P. J. and P. H. Zimmermann, The changing photochemistry of the troposphere, *Tellus*, 1991, 43A, 136~151.
- 22 Khalil, M. A. K. and R. A. Rasmussen, Global decrease of atmospheric carbon monoxide, *Nature*, 1994, 370, 639~641.
- 23 Novelli, P. C., K. A. Masarie, P. P. Tans and P. M. Lang, Recent changes in atmospheric carbon monoxide, *Science*, 1994, 263, 1587~1590.
- 24 Bekki, S., K. S. Law and J. A. Pyle, Effect of ozone depletion on atmospheric CH₄ and CO concentrations, *Nature*, 1994, 371, 595~602.
- 25 Zhang Renjian and Wang Mingxing, Modeling the sudden decrease in CH₄ growth rate in 1992, *Adv. Atmos. Sci.*, 1999, 16(2), 242~250.
- 26 Dlugokenky, E. J., L. P. Steele, P. M. Lang and K. A. Masarie, The growth rate and distribution of atmospheric methane, *J. Geophys. Res.*, 1994, 99, 17021~17043.

Numerical Simulations on the Change of Atmospheric Carbon Monoxide

Zhang Renjian and Wang Mingxing

(State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract A globally two-dimensional chemistry model is used to study the long-term trends of CO, OH, CH₄ from the pre-industrial period to 2020. The calculated globally averaged mixing rate of CO

is 27×10^{-9} before 1840, 76×10^{-9} in 1991 and will reach 105×10^{-9} in 2020. From 1840 to 1991, the averaged tropospheric concentration of OH which changed from 7.17×10^5 molecule / cm^3 to 5.79×10^5 molecule / cm^3 and decreased by 19%. The long-term trends of CH_4 inferred from the model are in good agreement with observational results from ice core. The modeled growth rate of CO is $1.03\% \text{ a}^{-1}$ in the 1980s. The model is used to investigate why CO decreased at the beginning of the 1990s. It is shown that the decrease of CO emissions is the main cause of the decrease of CO and another one is depletion of stratospheric ozone. Though decrease in CO emissions influences the decrease of CH_4 growth rate, possible decrease of CH_4 emissions has little influence on the change of CO concentrations.

Key words: global two-dimensional chemistry model; carbon monoxide; OH radicals; methane

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

中国科学院-第三世界科学院-世界气象组织 气候论坛第一次研讨会在北京召开

由中国科学院 (CAS)、第三世界科学院 (TWAS) 和世界气象组织 (WMO) 共同主办, 中国气象局协办的国际气候论坛第一次研讨会“国际气候模拟及预测的物理数学问题”, 于 2001 年 9 月 25~29 日在北京召开。来自五大洲 20 多个国家和地区的 100 余名中外学者以及有关国际组织的代表出席了会议。会上对当今气候模拟与预测中有关数学和物理方面的前沿和热点问题进行了充分交流和深入讨论。

论坛主席、中国科学院院长路甬祥院士对这次大会给予了极大的关注和支持。他在致词中指出: 人类跨入 21 世纪, 我们面临着很好的机遇, 也面临严峻的挑战。作为科学家和技术专家, 我们肩负着更重大的责任。气候变化及其预测是当今全人类共同面临的一个重要问题, 与世界各国经济、社会的发展及人民生活密切相关。正是为了进一步推动研究和解决气候变化及预报中遇到的重要科学问题, 中国科学院、第三世界科学院、世界气象组织于 2000 年联合倡议建立一个常设的国际论坛。我们的会议正是该论坛的第一次学术活动, 其目的是邀请一些世界上经验丰富的高水平数学家、物理学家、大气和海洋学家交流科学思想, 深入研讨问题, 经过共同努力寻找出适合解决问题的办法, 希望今后每年都能针对其中某些专门问题进行交流和合作。他相信, 通过第三世界科学院、世界气象组织和中国科学院这样一些重要组织的合作, 必定能在解决世界的气候问题上做出应有的贡献。

第三世界科学院执行主任 M. H. A. Hasson 和世界气象组织秘书长 G. O. P. Obasi 作为论坛的另两位主席, 在推动论坛的建立和活动开展方面作出了十分积极的响应和支持, 作出了重要贡献。

论坛下设三位执行主任, 分别由三方的三位科学家——中国科学院大气物理研究所曾庆存院士、第三世界科学院 F. Giorgi 博士和世界气候研究计划主任 D. Carson 博士, 代表三位主席主持工作。

论坛秘书处由中国科学院国际合作局国际组织处领导, 设在中国科学院大气物理研究所国际气候与环境科学中心, 负责处理论坛日常事务。

(王英耀)