

瓦里关山大气二氧化碳浓度变化及 地表排放影响的研究*

温玉璞 汤洁 邵志清

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

张晓春 赵玉成**

(青海省气象局, 西宁 810001)

提 要

利用非色散红外气体分析方法, 在不受人为污染直接影响的瓦里关山进行了大气 CO_2 的连续测量, 给出了我国内陆高原大气 CO_2 本底浓度的变化特征, 观测表明内陆大气 CO_2 随陆地植被的生长而有明显的日变化及季节的周期变化, 其季节变化规律与全球大气 CO_2 本底值的地理分布相一致. 瓦里关山大气 CO_2 的年增长率在 1993 年明显偏低, 1994 年又有较快的“回升”. 地表 CO_2 排放的观测研究还给出了冬季高原草甸土壤的排放特征, 测量表明在冬季陆地植被光合作用基本停滞的情况下, 土壤 CO_2 的排放率相对增强, 其最大排放量可达 $170 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ 以上.

关键词: 大气 CO_2 本底浓度 变化 地表排放

前 言

全球大气 CO_2 的浓度分布与变化既有自然发展变化过程, 也有人类活动的影响, 而后者目前却以空前的速度改变着全球及区域大气温室气体的浓度. CO_2 是地球大气中一种最重要的温室气体, 这不仅因为其人为排放量大, 对气候变暖的贡献也远远超过其它气体的增温作用. 然而, 大气中的 CO_2 在整个碳循环过程中是最敏感、最易受其它源、汇影响而波动最大的一环, 所以掌握我国大陆上空大气 CO_2 本底浓度的现状及变化趋势, 是开展气候及环境变化预测中一项重要的基础工作. 但直到 90 年代初, 国内尚无连续、精确的现场测量结果, 这种局面无疑妨碍了我们对区域及全球大气温室气体分布及其变化情况的了解.

1993 年以来, 中国气象科学研究院利用“七五”期间建立的非色散红外气体分析方

* 由中国气象局重点科研项目“我国温室气体研究”资助.

** 青海瓦里关大气本底观象台观测组人员参加了现场测量.

1996-06-11 收到, 1996-09-05 收到修改稿.

法(NDIR)^[1],在青海瓦里关山开展了大气CO₂的连续测量,对东亚大陆大气CO₂的日、月及季节变化规律做了分析讨论,并由此给出了该地区近年大气CO₂的年平均增长率。

研究表明,CO₂在地球大气中的增加量不仅受控于人类活动向大气的排放,还受到海洋及植被分布等的制约.其中,陆地植被是大气CO₂一个最重要的汇,植被及土壤状况的任何变化都将明显地改变它们对大气CO₂的吸收或排放.鉴于瓦里关山所在的广大地区为典型的高原草场,植被的光合作用及土壤微生物活动都会对大气CO₂造成直接的影响.为了了解它们对大气可能的影响,于1994年1月利用静态箱式法对当地地表CO₂的排放(吸收)状况做了测量。

1 瓦里关山的地理环境

瓦里关山是一位于青藏高原东部的孤立山体,相对高差平均约600 m,CO₂测点即位于该山的最高处(36°17'N,100°55'E,海拔3810m)(图1).除测站东北方数十公里外的部分地区经济较发达外,周围广大地区均属高山草原,人口稀少,受人类活动直接影响

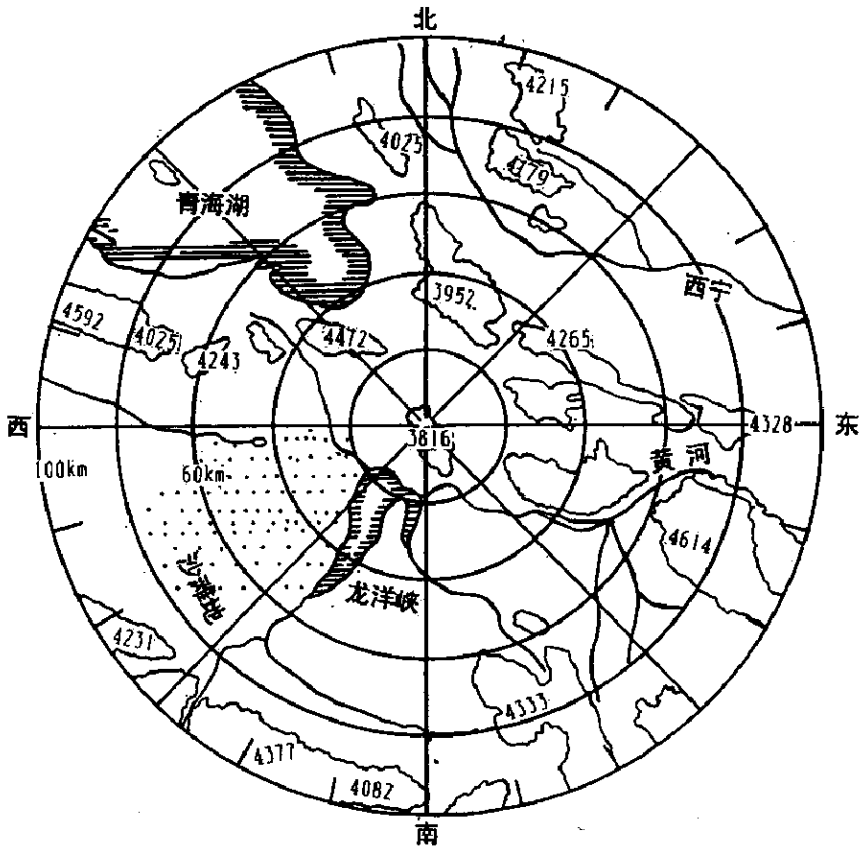


图1 瓦里关山大气二氧化碳测点地形图(图中数字为海拔高度,单位:m)

Fig. 1 Topographic chart of atmospheric CO₂ measuring site at Mt. Waliguan (The numbers are elevation, unit, m)

的机率很小, 站址环境完全符合 WMO 关于进行大气温室气体本底浓度观测的要求。

2 测试设备及方法

早期瓦里关山大气 CO_2 的连续测量是采用德国西门子公司生产的非色散红外气体分析仪(NDIR), 型号为 ULTRAMAT-3. 改进后的系统测量精度优于 WMO 所要求的 0.1×10^{-6} (体积比, 下同). 1995 年后该系统改用美国生产的 LI-COR CO_2 分析仪, 后一系统除在小型化及自动化程度方面有所改进, 基本结构及性能与前者均无明显差异, 其流程如图 2 所示。

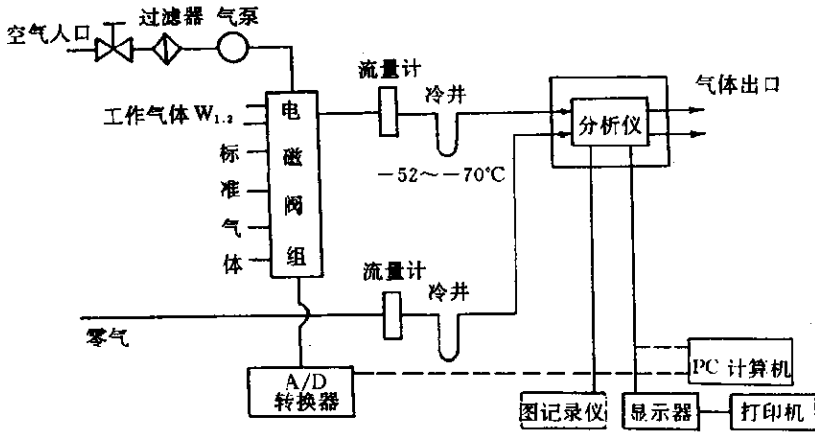


图 2 非色散红外气体分析仪流程图

Fig. 2 Schematic diagram of NDIR

为使测量结果具有国际可比性, 测量中采用了美国大气海洋局(NOAA)配制测定的 CO_2 标准气体(以纯净的空气为底气). 所有测试及标定工作均按国际间通用的方法进行^[2]. 为了避免因天气变化、设备故障及人为原因(如局地污染)的干扰, 还参照同类台站的类似方法^[3], 对所有资料均按小时平均浓度的方差作了筛选. 统计表明, 经筛选后, 本研究的有效资料仍在 80% 以上, 从而保证了所用资料具有较好的代表性与可比性。

用静态箱式法测量地表生物源 CO_2 排放所用的箱体由无色透明玻璃构成. 这种方法是根据箱体内气体浓度随时间的变化来计算地表气体排放率(或吸收率)的. 这一技术的不足之处在于它的使用会明显地改变被测地表的物理状态, 不能十分准确地反映地面与大气之间气体交换的通量, 但作为一种近似、简便的方法, 在大气化学的研究中仍得到了广泛的应用. 本研究测定的地面为青海高原广泛分布的多年生草原, 土壤多为植被腐烂形成的灰泡土, 土质松散并含有较为丰富的有机碳. 为了了解不同条件下土壤微生物活动对 CO_2 排放(吸收)的影响, 于 1994 年 1 月按早、中、晚不同时刻对其地表排放状况作了测试, 并由 SIEMENS NDIR 气体分析仪给出箱内 CO_2 气体浓度随时间连续变化的资料. 由于青海高原冬季地面植被的光合作用基本停止, 箱内 CO_2 浓度的变化主要反映了

因受海陆下垫面对大气 CO_2 调节作用差异的影响, 瓦里关山 CO_2 浓度季节变化的周期略早于海洋环境的台站, 其位相差约两周左右. 内陆大气 CO_2 浓度的季节变化, 也主要是由于陆地植物生态系统在不同生长周期与大气之间气体交换的差异所造成的. 在植被生长旺盛的夏季, 因光合作用从大气吸收的 CO_2 远大于因呼吸及土壤有机碳氧化所排放出的 CO_2 , 而在冬季, 情况则完全相反.

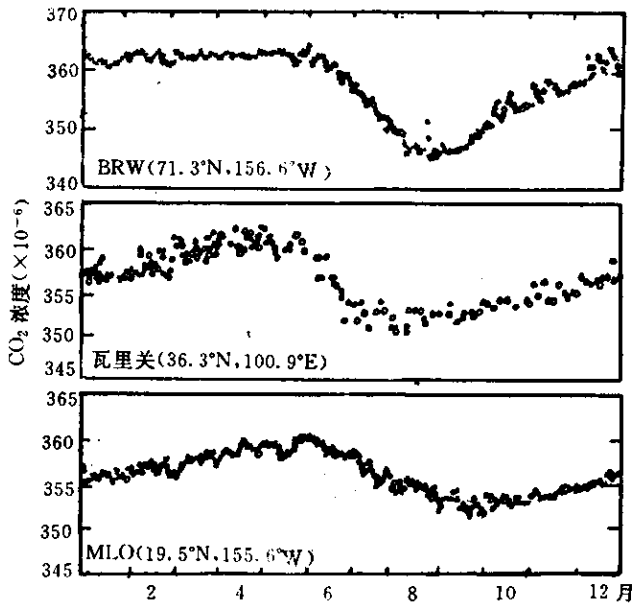


图 4 瓦里关山大气 CO_2 浓度的季节变化(图中瓦里关资料引自美国 NOAA/CMDL 大气样品交换的分析结果, MLO 及 BRW 资料引自文献[4])

Fig. 4 Seasonal trend of Mt. Waliguan atmospheric CO_2 concentration (Mt. Waliguan data are quoted from the analytic results of NOAA/CMDL, the data of MLO and BRW are quoted from the reference [4])

3.3 瓦里关山大气 CO_2 浓度的年变化

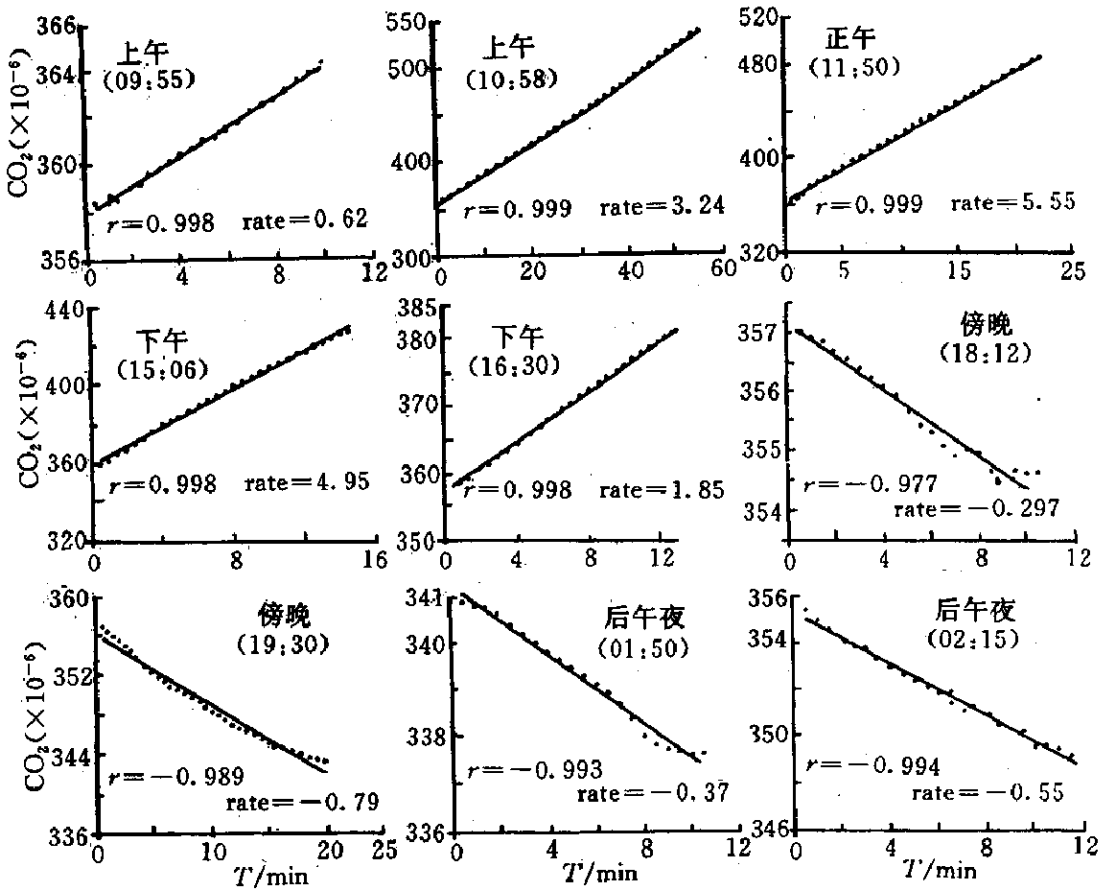
因人为排放增加和自然生态环境的不断破坏, 全球大气 CO_2 的年平均浓度是逐年增加的. 由瓦里关山有限的观测资料(表 1)可以看出, 东亚大陆大气 CO_2 浓度也与全球年变化趋势是一致的. 1993 年瓦里关山大气 CO_2 的增长率约为 $0.8 \times 10^{-6}/\text{a}$, 1994 年则为 $1.5 \times 10^{-6}/\text{a}$. 这与 90 年代初大气 CO_2 年增长率先略有下降, 而 1993 年后又有所回升的全球趋势是相符的^[5].

3.4 瓦里关山 CO_2 地表排放(吸收)量的测定

如上所述, CO_2 和地表生物过程有着十分密切的关系. 植被生理过程及土壤微生物分解作用都会向大气排出或吸收 CO_2 , 研究这些过程对大气 CO_2 的贡献, 对了解地气系统的碳循环是十分重要的. 青海高原有着广阔天然草场, 为国内五大草原之一, 尽管草地的生物生产量(即储碳能力)有限, 但这一生态系统的特点是生长季节短、草被长势

表1 瓦里关山大气 CO₂ 逐年的月平均浓度 ($\times 10^{-6}$ v/v)Table 1 Mt. Waliguan atmospheric CO₂ mean monthly concentration (1991~1995) ($\times 10^{-6}$ v/v)

月份	1991	1992	1993	1994	1995
01	—	356.78	359.12	358.79	361.06
02	—	358.64	358.57	360.39	362.11
03	—	359.88	359.35	362.56	362.79
04	—	360.82	360.66	363.44	364.75
05	360.56	360.84	360.03	361.13	364.01
06	—	355.57	358.70	358.50	359.91
07	347.38	352.25	352.06	355.18	356.51
08	350.29	352.18	351.50	353.54	354.71
09	352.12	352.71	355.43	355.91	356.91
10	354.74	354.82	—	357.05	360.21
11	354.79	355.90	356.44	358.67	360.66
12	355.67	356.25	357.20	360.02	362.06
平均	—	356.40	357.19	358.77	360.47

图5 冬季瓦里关山草原土壤 CO₂ 排放率的变化(测量时间为地方时, r 为相关系数, 浓度变率单位: $\times 10^{-6}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)Fig. 5 CO₂ emission rate changes from grassland soil in Mt. Waliguan in winter (measuring time; local time, r; correlation coefficient, unit of CO₂ change rate: $\times 10^{-6}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)

的年际变化大、地域分布广, 它的变化仍是大气 CO_2 的重要源、汇之一, 由 1994 年初在瓦里关山用静态箱式法测得的结果(图 5)可以看出, 冬季观测期间, 瓦里关山地面 CO_2 排放率的变化范围为 $-16.8 \sim 170 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$. 白天有日照时, 地表是大气 CO_2 的源(即向大气排出 CO_2), 其排放率与日照强度有关, 并具有明显的日变化, 一般正午时排放量达最大, 而日落后直到夜间, 因地面冷却较快, 土壤腐殖质对大气 CO_2 的吸附作用取代了微生物的生物化学过程, 地表则成为大气 CO_2 的汇. 就全天平均而言, 瓦里关山地面总的贡献在冬季是大气 CO_2 的源. 上述特征与冬季高原光合作用基本停滞、植被对大气 CO_2 的调节功能明显降低和土壤有机碳在日照下氧化作用相对增强直接有关. 这一机制构成了内陆冬季大气 CO_2 浓度较高, 日变化幅度减小, 中午浓度略高的特征.

上述结果和中国科学院冰川与冻土研究所在青海高原五道梁永冻层所作的类似测量^[6]有一定差异. 当地 CO_2 排放率由 $-64.3 \sim 51.42 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$, 低于草原土壤的排放量, 这可能与五道梁的土壤性质及干旱的荒漠气候有关. 瓦里关草原 CO_2 的排放量却明显低于国外在森林地区得到的结果^[7].

4 结 论

(1) 瓦里关山大气 CO_2 浓度有明显的季节及日变化, 一年中月平均浓度最高值出现在 4 月底, 最低值在 8 月中, 季节变化的幅度约 12×10^{-6} . 因受地植被生长的影响, 大气 CO_2 小时平均浓度的日变化夏季远较冬季明显, 不同高度上的大气 CO_2 也因层结及湍流的影响而使浓度变化的日振幅和随时间的变化特征有所差异. 日变化以夏季最为明显. 冬季, 由于高原植被的光合作用基本停滞, 白天土壤微生物活动相对增强, 使得原出现在夏季午后的 CO_2 最低值为一相对较高的浓度值所取代, 冬季大气 CO_2 的日变化幅度明显减小, 而日平均浓度随之增高, 不同高度间的浓度差异也有所减小.

(2) 1993 年瓦里关山大气 CO_2 浓度的年增长率约为 0.8×10^{-6} , 之后又有所回升, 1994 年约为 1.5×10^{-6} .

(3) 瓦里关山大气 CO_2 浓度的季节变化与全球分布规律是一致的, 因海陆分布的影响, 其变化的位相略早于海洋台站.

(4) 瓦里关山地面 CO_2 的排在冬季主要受土壤微生物活动的影响, 白天由土壤向大气排放 CO_2 , 夜间因地面温度下降, 生物活动减弱, 而土壤对大气 CO_2 的物理吸附作用增强, CO_2 的交换方向与白天完全相反, 冬季瓦里关山地面总的贡献仍是大气 CO_2 的源. 草原土壤 CO_2 的排放量虽低于森林土壤, 但因其在我国分布广, 开发及利用状况变化大, 这一生态系统对大气温室气体可能造成的影响是不容忽视的.

参 考 文 献

- 1 温玉璞, 徐晓斌, 邵志清, 等. 用非色散红外气体分析仪进行大气 CO_2 本底浓度的测量. 应用气象学报, 1993, 4 (4): 476~480.
- 2 WMO. Report of the third WMO expert meeting on atmospheric carbon dioxide measurement techniques. Environmental pollution monitoring and research programme, No. 39, 1~14.

- 3 Peterson J T, Komhyr W D and Harris T B, et al. Atmospheric carbon dioxide measurements at Barrow, Alaska, 1973~1979. *Tellus*, 1982, **34**, 166~175.
- 4 Tans P P, Bakwin P S and Conway T J, et al. Climate monitoring and diagnostics laboratory, No. 21, Summary Report 1992, 16~29, NOAA/ERL 1993.
- 5 Holmen Kim J, Magnuz Engardt and Stephen Craig. Recent dramatic changes in the carbon dioxide trends as observed on Zeppelinfjellet on Spitsbergen. Extended abstracts of papers presented at the WMO-IGAC Conference on the Measurement and Assessment of Atmospheric Composition Change, Beijing, China, 9~14 October 1995. 111~115.
- 6 Lin Qin, et al. CH₄ and CO₂ emission from the dry meadow soils underlain by permafrost in Wudaoliang, Qinghai-Xizang(Tibet) Plateau. International Symposium Soil—Source and Sink of Greenhouse Gases, Nanjing, China, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, 14~30 September 1995, 53.
- 7 Yunshe D, Scharffe D and Crutzen P J, et al. Effect of soil litter in the CO₂, CH₄, CO and N₂O soil fluxes from a temperate forest. Extended abstracts of papers presented at the WMO-IGAC Conference on the Measurement and Assessment of Atmospheric Composition Change, Beijing, China, 9~14 October 1995. 77.

A STUDY OF ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATION VARIATIONS AND EMISSION FROM THE SOIL SURFACE AT MT. WALIGUAN

Wen Yupu Tang Jie Shao Zhiqing

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

Zhang Xiaochun Zhao Yucheng

(*Qinghai Province Meteorological Bureau, Xining 810001*)

Abstract

By using non-dispersive infrared (NDIR) method, continuous measurements of atmospheric CO₂ were carried out at Mt. Waliguan where the environment is unaffected directly by local anthropogenic pollution. The characteristics of the atmospheric background CO₂ concentration variation for the inland Plateau of China were presented in this paper. The results show that it has clearly diurnal and seasonal variations related to the grown cycle of the land vegetations, and that the pattern of seasonal variation corresponds with the global geographical distribution of atmospheric CO₂. It is found that the increase of CO₂ concentration was at a lower rate in 1993, but at a great rate in 1994. Furthermore, the emission rates of CO₂ from the Plateau grassland soil were also measured. The results show that the CO₂ emission rate from the soil surface increases relatively in winter with the largest value of above 170 mg/m² · h when the photosynthesis of vegetation is essentially stagnant.

Key words: Atmospheric CO₂ Background concentration Variation Emission of grassland soil surface