

杭州市主要温室气体浓度变化特征

陈超¹ 杨乐² 徐鸿² 徐昶²

(1. 杭州市环境保护科学研究院, 浙江 杭州 310014; 2. 杭州市环境监测中心站, 浙江 杭州 310007)

摘要 通过在线观测获得 2012 年杭州市华家池环境空气测点的两种主要温室气体(CH_4 和 CO_2) 数据, 以研究杭州市 CO_2 、 CH_4 的浓度变化规律及源与汇对其的影响。结果表明: (1) 2012 年, 华家池环境空气测点 CO_2 、 CH_4 年日均值分别为 835、1.47 mg/m^3 。(2) CH_4 和 CO_2 呈现较明显的日变化趋势, 7:00 左右达到最大值, 15:00 左右达到最小值。(3) CO_2 月均值较低的月份为 7—9 月, 较高的月份为 11—12 月; CH_4 月均值较低的月份为 7—8 月, 较高的月份为 10 月。 CO_2 浓度在冬季最高, 而 CH_4 浓度在秋季最高, 两者浓度在夏季均最低。 CO_2 浓度变化主要受光合作用影响, 而 CH_4 浓度变化主要受 $\cdot\text{OH}$ 浓度影响, 两者均受大气对流作用影响。(4) Spearman 相关性分析表明, CO_2 和 CH_4 浓度变化趋势较一致; CO_2 与气温具有显著负相关性, 与 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 具有显著或极显著的相关性; CH_4 与风速具有负相关性, 与 PM_{10} 具有显著相关性。

关键词 温室气体 CO_2 CH_4 杭州市

Concentration variety characteristics of main greenhouse gases in Hangzhou CHEH Chao¹, YANG Le², XU Hong², XU Chang². (1. Hangzhou Academy of Environmental Sciences, Hangzhou Zhejiang 310014; 2. Hangzhou Environmental Monitoring Center Station, Hangzhou Zhejiang 310007)

Abstract: Main greenhouse gases (CO_2 and CH_4) was continuously measured online during 2012 at Huajiachi ambient air monitoring stations to study the concentration variation, sources and sinks of CO_2 and CH_4 in Hangzhou. The daily average concentration of CO_2 and CH_4 at monitoring stations was 835, 1.47 mg/m^3 respectively. Diurnal variations of CH_4 and CO_2 were significant, with the highest concentrations observed at 7:00 and the lowest at 15:00. The monthly average CO_2 concentration was lower in July-September and higher in November-December, and the monthly average CH_4 concentration was lower in July-August and higher in October. CO_2 and CH_4 concentrations were both lowest in summer, the highest CO_2 and CH_4 concentrations were observed in winter and autumn respectively. Photosynthesis had significant effect on CO_2 variation while $\cdot\text{OH}$ was key factor that influence the CH_4 concentration, both of CO_2 and CH_4 concentration were affected by air convection. The Spearman correlation analysis showed that the change trend of CO_2 and CH_4 was consistent, CO_2 was negative correlated with temperature, and its correlation with SO_2 , CO_2 and PM_{10} was significant; CH_4 had negative correlation with wind speed, it was closely correlated with PM_{10} .

Keywords: greenhouse gases; CO_2 ; CH_4 ; Hangzhou

CO_2 、 CH_4 是目前受人类活动影响最明显的两种主要温室气体, 虽然这些气体不到大气总量的 0.04% (体积分数), 但它们的浓度改变却是引起全球气候变化的重要原因, 其浓度在大气中一直是上升趋势^[1]。根据杭州市发展和改革委员会的统计结果, “十一五”期间, 杭州市温室气体排放总量呈逐年上升趋势, 与全球温室气体浓度变化趋势一致。国内外学者研究发现, 温室气体在大气中浓度的增加是导致全球升温的主要原因^[2]。以往对温室气体的研究主要针对农田、草原、森林等大面积的自然区域, 城市是人口密度最大的区域, 城市温室气体源汇的构成和排放规律与这些自然区域有

所不同, 所以有必要在城市进行温室气体的长期连续监测, 这对研究城市温室气体浓度的变化规律, 了解温室气体源汇的变化, 进而控制温室气体排放具有重要的意义。

本研究通过杭州市华家池环境空气测点的两种温室气体数据进行分析, 寻找 CO_2 、 CH_4 浓度变化规律, 并从源汇等角度分析其原因。

1 实验与方法

1.1 监测点位和时段

本研究监测点位为国控环境空气监测点, 位于杭州市凯旋路浙江大学华家池校区内, 北纬

第一作者: 陈超, 男, 1977 年生, 本科, 高级工程师, 主要从事环境监测、环境科研工作。

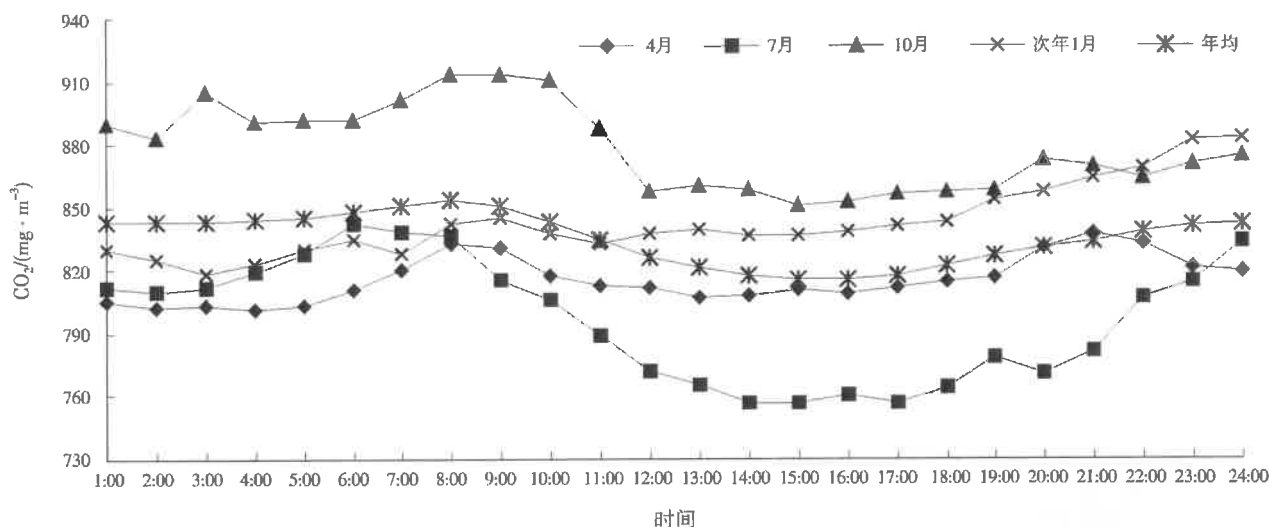


图1 CO₂日变化趋势
Fig. 1 Diurnal variations of CO₂

30°16'9"、东经 120°11'25", 采样高度约 12 m。2010 年下半年起增加了温室气体监测设备, 24 h 在线监测 CO₂、CH₄ 等参数, 监测时段为 2012 年全年。

1.2 监测仪器及方法

利用在线仪器对 CO₂、CH₄、颗粒物、气态污染物、气象参数等进行在线监测, 计算获取相应的小时均值。CO₂ 数据采用美国热电公司生产的 TE-410 I 型自动监测仪获得, 分析方法为气体滤波相关红外吸收法; CH₄ 数据采用美国热电公司生产的 TE-55 I 型甲烷-非甲烷碳氢自动监测仪获得, 分析方法为反吹气体气相色谱法; SO₂、NO₂、PM₁₀ 等大气污染物监测数据由该环境空气监测点监测获得; 地面气象要素数据由杭州市气象台的自动气象站监测获得。环境空气监测仪器按环境保护部《国家环境空气监测网络质控手册(温室气体监测站)》等相关标准及要求进行质量控制, 确保数据可靠性。

2 结果与讨论

2.1 日变化情况

2.1.1 日变化特征

2012 年, 华家池环境空气测点 CO₂ 年日均值为 835 mg/m³, 日均最大值为 1 017 mg/m³ (出现在 12 月), 日均最小值为 762 mg/m³ (出现在 9 月); CH₄ 年日均值为 1.47 mg/m³, 日均最大值为 1.95 mg/m³ (出现在 11 月), 日均最小值为 1.00 mg/m³ (出现在 10 月)。

将 2012 年全年 CO₂、CH₄ 的小时均值按每日各自小时段进行平均, 得到全年范围各小时 CO₂、CH₄ 的均值(如将每日 0:00~1:00 的 CO₂ 小时值进行平

均, 得出 CO₂ 在 0:00~1:00 的全年均值)。从 4 月、7 月、10 月、次年 1 月各随机抽取 1 d (当日前后气象条件没有急剧变化), 将其各小时均值与年均小时值同列于同一图中, 进行比较分析, 结果见图 1 和图 2。

从图 1 和图 2 可以看出, CH₄ 和 CO₂ 呈现较明显的日变化趋势, 7:00 左右达到最大值, 15:00 左右达到最小值。不同的是 CO₂ 的日变化呈现出较明显的双峰结构, 在下午达到最小值之后迅速回升, 22:00 左右重新出现一个局部高值, 而 CH₄ 则基本表现为单峰结果。

随机抽取 4 d 的 CO₂、CH₄ 的日变化情况与全年总体情况基本一致, 峰谷特征基本相符。

2.1.2 日变化特征分析

大气 CO₂ 的人为源主要为煤、石油、天然气等矿物燃料燃烧, 自然源主要是动植物呼吸释放, 主要汇是植物光合作用和海洋吸收^[3]。CO₂ 浓度在午后达到谷值, 一是由于日间对流作用明显, 二是由于光合作用明显, 部分 CO₂ 被植物所消耗, 因汇明显, 故浓度较低, 在这些汇作用最强的 15:00 左右浓度达到最小值; 日落后, 汇减弱, CO₂ 浓度便逐渐上升, 一直上升到 7:00 左右日出后再下降。而 22:00 左右出现的次峰, 可能是化石燃料燃烧造成的源(如机动车尾气排放、炊事等)排放形成的, 之后随着交通、餐饮等活动的高峰期已过, CO₂ 排放减少, 其浓度开始下降。

大气 CH₄ 的主要源是稻田、湿地和垃圾填埋场等释放及反刍动物呼吸、动物排泄物分解等, 主要的汇是在大气中通过光化学反应被氧化去除^[4]。也就是说, CH₄ 生物源较强, 人类活动的影响较小, 所以

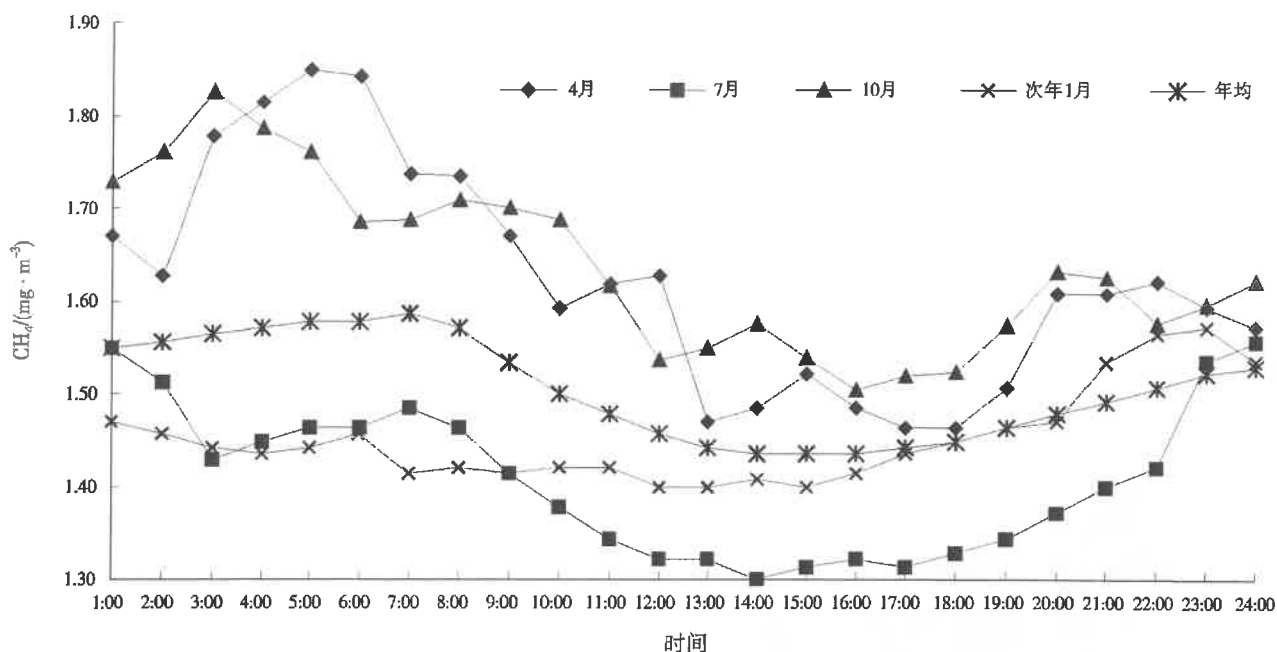


图2 CH₄日变化趋势
Fig. 2 Diurnal variations of CH₄

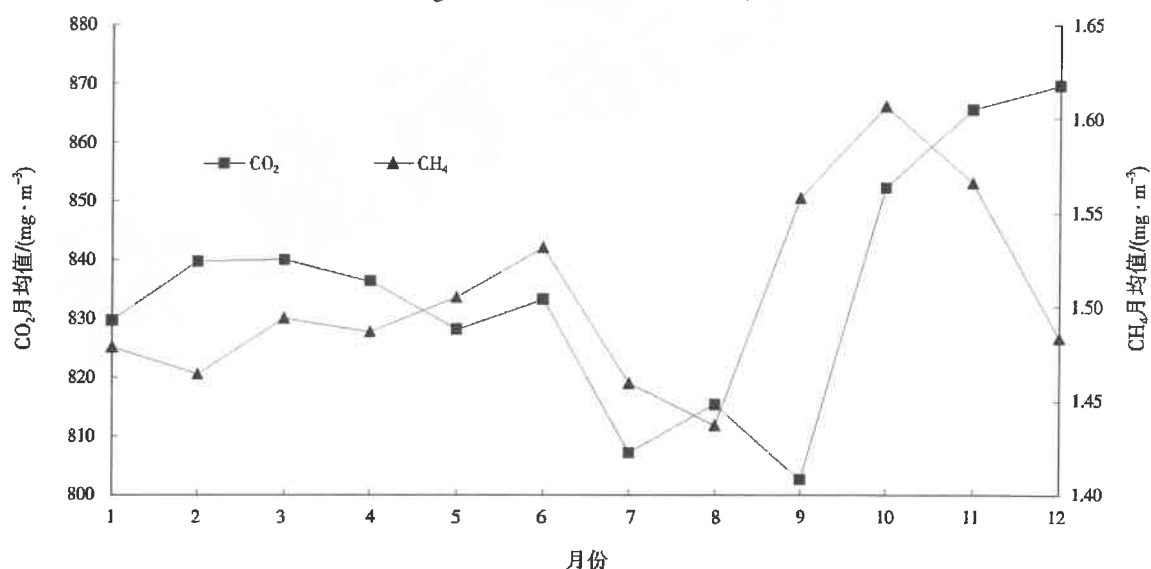


图3 CO₂和CH₄月变化趋势
Fig. 3 Monthly variations of CO₂ and CH₄

22:00 不会出现与 CO₂ 一样的峰值。CH₄ 浓度在午后最小, 原因和 CO₂ 有所不同, 大气中 CH₄ 的主要汇是与 ·OH 的反应, 大气中 ·OH 的浓度在中午时分达到日变化的峰值^[5], CH₄ 的分解速度也达到最大, 加上此时较强的大气对流输送作用, CH₄ 浓度迅速下降, 在 15:00 左右达到最小值。随夜晚的来临, 光照减弱并逐渐停止, CH₄ 的分解也逐渐停止, 同时由于夜间对流输送弱, CH₄ 不断积累因而达到浓度最大值。

2.2 年变化情况

2.2.1 年变化特征

图3和图4分别给出了 CO₂ 和 CH₄ 的月变化与

季节变化趋势, 其中 3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 月为秋季、12 月至次年 2 月为冬季。

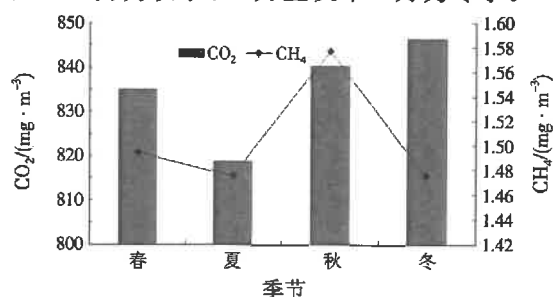


图4 CO₂和CH₄季节变化趋势
Fig. 4 Seasonal variations of CO₂ and CH₄

由图3可以看出, CO₂ 月均值较低的月份为 7—

9月,较高的月份为11—12月; CH_4 月均值较低的月份为7—8月,较高的月份为10月。

由图4可以看出, CO_2 浓度在冬季最高,而 CH_4 浓度在秋季最高,两者浓度在夏季均最低。

2.2.2 年变化特征分析

在每年气温较低的月份,日照强度低,太阳辐射较弱,植物光合作用对 CO_2 的吸收减少,大气中的 CO_2 浓度保持在高位。随着气温的回升,光合作用的开始增强,尤其到了夏季,植物的光合作用最强,大气中 CO_2 浓度在8月前后也下降最多, CO_2 浓度处年度较低位置。9月后,植物的光合作用开始减弱,大气中 CO_2 浓度逐步开始增加。我国北方地区由于冬季采暖,化石燃料的消耗量大幅增加,大气 CO_2 排放源强增加^[6],所以这一特征会更加明显。

根据各地的研究成果, CH_4 的年度变化规律不尽相同,如青海、夏威夷大气本底站的 CH_4 浓度无明显季节特征;临安大气本底站 CH_4 浓度为夏季最低;北京 CH_4 浓度反而为夏季最高^[7]。这主要与测点所处的地理位置、当地气象条件、周边情况有很大关系。杭州华家池环境空气测点 CH_4 浓度7—8月最低,与杭州邻近的临安大气本底站相似。研究表明,临安大气本底站夏季 CH_4 浓度低,与其位于亚热带季风区,夏季主要受海洋性气团影响有关。

2.3 相关性分析

2.3.1 CO_2 、 CH_4 之间相关性分析

将 CO_2 、 CH_4 的小时值(分时段年均值)进行相关性分析,得出的 Spearman 相关(秩相关)系数为0.961,具有显著相关性($P < 0.05$)。将两者小时值作趋势分析,结果见图5。并根据图5拟合得出回归方程为:

$$y = 0.0041x - 1.9462, R^2 = 0.8818 \quad (1)$$

式中: x 为 CO_2 小时值, mg/m^3 ; y 为 CH_4 小时值, mg/m^3 。

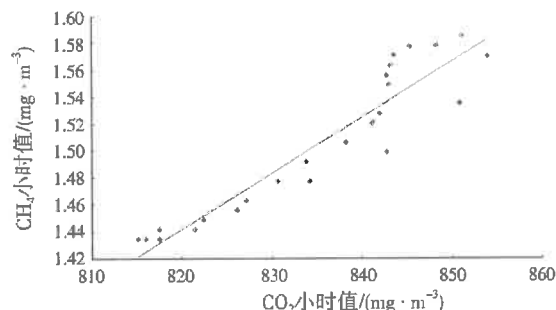


图5 CO_2 和 CH_4 的相关性分析
Fig. 5 Linear correlation between CO_2 and CH_4

由图5可见,两者小时值变化趋势较一致。

CO_2 、 CH_4 浓度变化趋势之所以相似,可能是由于两者浓度均受到大气对流、扩散条件的影响,两者也有共同的来源,如农田土壤^[8]。

2.3.2 与气象要素相关性分析

将 CO_2 、 CH_4 月均值与气温、气压、降水量等气象参数月均值进行 Spearman 相关分析,结果见表1。

表1 温室气体与气象参数月均值的相关性¹⁾
Table 1 Correlation between greenhouse gases and meteorological parameters

Spearman	气温	降水量	风速	气压
CO_2	相关系数	-0.622*	-0.028	-0.161
	Sig. (双侧)	0.031	0.931	0.618
CH_4	相关系数	-0.011	-0.242	-0.564
	Sig. (双侧)	0.974	0.449	0.056

注: * 表示具有显著相关性($P < 0.05$)。表2同。

CO_2 与气温具有显著负相关性,与其他气象参数的相关性则较差。这可能是夏季 CO_2 浓度较低的原因之一,夏季气温较高,植物光合作用明显,且大气对流明显,故 CO_2 浓度较低。

CH_4 与风速具有负相关性,与其他气象参数的相关性则较差。风速影响大气扩散条件,较高的风速不利于污染物积累,这也表明 CH_4 浓度主要受到风速等大气扩散条件的影响。

2.3.3 与大气污染物相关性分析

将 CO_2 、 CH_4 月均值与 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 等环境空气监测项目月均值进行 Spearman 相关分析,结果见表2。

表2 温室气体与主要大气污染物之间的相关性¹⁾
Table 2 Correlation between greenhouse gases and main atmospheric pollutants

Spearman	SO_2	NO_2	PM_{10}
CO_2	相关系数	0.662*	0.863**
	Sig. (双侧)	0.019	0
CH_4	相关系数	0.053	0.357
	Sig. (双侧)	0.871	0.255

注: ** 表示具有极显著相关性($P < 0.01$)。

从表2可以看出, CO_2 与 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 具有显著或极显著的相关性。这可能是由于 CO_2 与 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 等主要大气污染物有着相似的来源(如燃料燃烧、机动车尾气排放等)。

CH_4 与 PM_{10} 具有显著相关性,但暂时无法找到实质的关联依据,有待未来的工作中进一步开展研究。

3 结论

(1) 2012年,华家池环境空气测点 CO_2 、 CH_4 年日均值分别为835、1.47 mg/m^3 。

(下转第96页)