

# 瓦里关气相色谱法大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 在线观测数据处理分析

张芳<sup>1</sup>,周凌晞<sup>1\*</sup>,刘立新<sup>1</sup>,方双喜<sup>1</sup>,姚波<sup>1</sup>,许林<sup>1</sup>,张晓春<sup>1</sup>,Kenneth A. Masarie<sup>2</sup>,Thomas J. Conway<sup>2</sup>,Douglas E. J. Worthy<sup>3</sup>,Michele Ernst<sup>3</sup>

(1. 中国气象科学研究院,中国气象局大气成分观测与服务中心,中国气象局大气化学重点开放实验室,北京 100081; 2. Global Monitoring Division, Earth Systems Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado, USA; 3. Environment Canada, Toronto, Ontario, Canada)

**摘要:**加强我国本底站温室气体数据资源的科学管理与共享,首先应保证观测全流程的标准化和规范化,确立数据处理和质量控制方法.我国青海瓦里关全球本底站自 1994 年开始了气相色谱-氢火焰离子化检测器法(GC-FID)大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 在线观测,本文详细讨论了该系统原始资料采集、数据信息合并、时间序列检查、观测员级质量控制和专家级质量控制等流程.利用局部近似回归法对大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 数据进行本底值筛分,获得 CO<sub>2</sub> 本底数据百分比约占有效数据的 72%、CH<sub>4</sub> 占 44%.在线观测的 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 月平均浓度与同期瓶采样分析结果基本一致,相对偏差均在 ±0.5% 以内.经流程化处理和质控的瓦里关大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 本底浓度变化资料已进入全球同化数据库(Globalview-CO<sub>2</sub>、Globalview-CH<sub>4</sub>),报送世界温室气体数据中心(WDCGG)并应用于世界气象组织(WMO)温室气体公报和联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估.

**关键词:**瓦里关全球本底站; GC-FID; CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub>; 数据处理; 质量控制

中图分类号:X51 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2010)10-2267-06

## Data Processing and QA/QC of Atmosphere CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> Concentrations by a Method of GC-FID *in-situ* Measurement at Waliguan Station

ZHANG Fang<sup>1</sup>, ZHOU Ling-xi<sup>1</sup>, LIU Li-xin<sup>1</sup>, FANG Shuang-xi<sup>1</sup>, YAO Bo<sup>1</sup>, XU Lin<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-chun<sup>1</sup>, Kenneth A. Masarie<sup>2</sup>, Thomas J. Conway<sup>2</sup>, Douglas E. J. Worthy<sup>3</sup>, Michele Ernst<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory for Atmospheric Chemistry, Centre for Atmosphere Watch and Services, Chinese Academy of Meteorological Sciences, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; 2. Global Monitoring Division, Earth Systems Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado, USA; 3. Environment Canada, Toronto, Ontario, Canada)

**Abstract:**To strengthen scientific management and sharing of greenhouse gas data obtained from atmospheric background stations in China, it is important to ensure the standardization of observations and establish the data treatment and quality control procedure so as to maintain consistency in atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) measurements from different background stations. An automated gas chromatographic system (Hewlett Packard 5890GC employing flame ionization detection) for *in situ* measurements of atmospheric CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> has been developed since 1994 at the China Global Atmosphere Watch Baseline Observatory at Mt. Waliguan, in Qinhai. In this study, processing and quality control flow of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> data acquired by HP ChemStation are discussed in detail, including raw data acquisition, data merge, time series inspection, operator flag, principal investigator flag, and the comparison of the GC measurement with the flask method. Atmosphere CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> mixing ratios were separated as background and non-background data using a robust local regression method, approximately 72% and 44% observed values had been filtered as background data for CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>, respectively. Comparison of the CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> *in situ* data to the flask sampling data were in good agreement, the relative deviations are within ±0.5% for CO<sub>2</sub> and for CH<sub>4</sub>. The data has been assimilated into global database (Globalview-CO<sub>2</sub>, Globalview-CH<sub>4</sub>), submitted to the World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG), and applied to World Meteorological Organization (WMO) Greenhouse Gas Bulletin and assessment reports of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

**Key words:**Waliguan (WLG); GC-FID; CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>; data processing; quality control(QC)

收稿日期:2009-12-14;修订日期:2010-01-04

基金项目:国家自然科学基金项目(40775078,40905066);科技部国际科技合作重点项目(2007DFA20650);公益性行业(气象)科研专项(GYHY200806026)

作者简介:张芳(1981~),女,博士研究生,主要研究方向为温室气体及相关微量成分,E-mail:zhangf@cams.cma.gov.cn

\* 通讯联系人,E-mail:zhoulx@cams.cma.gov.cn

近百年来,大气二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和甲烷(CH<sub>4</sub>)浓度持续增长,引起增强温室效应,导致全球气候变暖<sup>[1]</sup>.自20世纪50年代末,各国开始利用固定站点CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>在线观测数据相继开展其时空分布、变化趋势和源汇状况的观测与研究.全球大气温室气体观测网已收集整编了包括CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>在内的多种温室气体观测数据.自1995年起,美国国家海洋与大气管理局-地球系统研究实验室(NOAA/ESRL)基于观测数据进行统计分析,开发了大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>全球同化数据产品<sup>[2,3]</sup>,即Globalview-CO<sub>2</sub>和Globalview-CH<sub>4</sub>.截至2008年底,全球已有60多个国家的近400个站点向世界温室气体数据中心(WDCGG)报送二氧化碳(193个)和甲烷(177个)数据<sup>[4]</sup>,为系统研究温室气体浓度的动态变化规律、源汇机制等做出了重要贡献.

随着温室气体观测站点的增加,观测数据资料日益增多.因观测仪器种类多、标校方式多样,各套系统数据分辨率和格式不尽相同,建立规范化的数据分析和处理流程非常必要.本底站在线观测数据质量保证与质量控制(QA/QC)以数据采集为开端,如何最大限度地减少资料丢失、充分保留各类与观测质量有关的操作和环境参数,并以最便于处理的形式记录和存贮,是数据采集和处理的基础和核心.温室气体在线观测资料通常需按照一定的标准进行筛选,经过多级质量控制标记,按照国际约定俗成的标识符对可疑数据做出标记,对于大量数据还需采用作图软件直观地显示,便于研究人员对数据进行科学的筛查和标识等,采用这些方法进行处理温室气体数据已被广泛应用于科学研究中<sup>[5-9]</sup>.因本底大气温室气体观测研究需捕捉其浓度的微小变化,根据世界气象组织全球大气观测网(WMO/GAW)对本底观测的质量目标要求,大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>在不同实验室之间的分析结果偏差分别在 $\pm 0.1 \times 10^{-6}$ 和 $\pm 2 \times 10^{-9}$ 内<sup>[10]</sup>;国内其他工作多侧重于通量测定,对分析的精度及质量目标较低;国际上其他站点虽已对大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>浓度数据处理和质量控制及本底值筛分进行了研究,但大多只针对各站的特征<sup>[11,12]</sup>.瓦里关站因其独特的地理位置、周边环境及空气团输送特征,大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>本底浓度显示出不同于其他站点变化特征<sup>[13]</sup>.因此,结合诸多可能影响数据质量的因素对瓦里关大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>数据系统、科学地处理、分析及筛选至关重要.本研究综合从观测系统采样-分析-标校-数据采集过程的主客观影响因素,分析建立了瓦里

关气相色谱法大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>在线观测数据处理和质量控制方法,利用局部近似回归法进行本底值筛分,并与瓶采样结果进行了对比分析.

## 1 观测仪器

瓦里关5890GC-CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>在线观测系统的日运行通过选择阀控制,采取单点校正方式进样<sup>[14]</sup>,每3个空气样品穿插分析1个标气样品.为避免GC-FID系统的标气中CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>浓度漂移对观测值的影响,采用可追溯到WMO一级标气序列的标气每半年左右进行标定,因此不同阶段的实际空气样品采用对应时间段的标称浓度值计算得到.该系统对CH<sub>4</sub>的检测精度 $< 0.2\%$ ,准确度在 $\pm 0.05\%$ 内,用峰高计算CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>浓度的精度和准确度略好于用峰面积计算,因此采用峰高进行定量.

## 2 方法介绍

### 2.1 原始数据及备份

空气样品经HP5890气相色谱分离、检测,产生信号,每天生成228个CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>的色谱图数据文件,将其中的色谱参数信息合并到一个文本文件中,包括进样日期、时间、保留时间、峰型、峰高、峰面积,形成原始数据(RAW DATA, RDT).将原始数据备份,产生可修改订正的数据(即SDT数据文件).

### 2.2 时间序列检查

仪器测量时,因仪器故障、标定或其他人为或自然原因将造成数据缺测,因此,首先要检查数据的时间序列是否完整,并对缺测数据进行补齐.按照设定的进样顺序,先判断其进样顺序是否为每3个空气样品穿插1个工作标气;其次判断进样时间是否连续.系统约每6~7 min进样一次,因此若2次进样之间的时间间隔超过8 min,则可能为缺测,需进行时间序列补齐,以便程序自动化处理数据.具体方法为日期列补为正常进样的序列,样品对应的响应值及其他参数用缺省值代替(如-9999等),形成时间序列完整的数据文件,即TMK数据文件.

### 2.3 观测员级质量控制标记

外界因素干扰会使观测数据质量受到影响,为了对数据的有效性进行判断,通常需调研和追溯到对应的观测时间段(时刻)所发生的事件(如人为事件或天气事件),并以此作为依据诊断该条数据是否舍去或保留.根据瓦里关山的地理位置,气象条件及周边的特殊环境,结合瓦里关站观测员每日的值班记录文件,将影响瓦里关大气CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>观测的

因素归纳为四大类,即仪器故障(包括进气管故障、停机维护、更换过滤膜、冲洗管路、标定仪器、周标定等情况)、人为活动因素(包括机动车上山、人员参观、燃烧秸秆等)、自然因素(如强风、暴雨等)和其他。根据这四类要素对观测数据进行标记,通常由观测员完成,故称之为观测员级的质量控制标记(operator flag, OP FLAG)。

#### 2.4 专家级质量控制

在 OP FLAG 基础上,再进行专家级质量控制标记(principal investigator flag, PIFLAG),主要包括 OP FLAG 的核对:经 OPFLAG 标记的部分数据点并非无效,需查询 OPFLAG 标记的时间段是否对应正确,或是否因观测员的失误所造成;设置色谱峰参数临界值:峰型,单次运行时间和保留时间的变化或波动可直接反映仪器运行状态的好坏,本研究借鉴美国 NOAA-AMIE 甲烷数据自动分析系统对色谱法 CH<sub>4</sub> 数据处理方法<sup>[9]</sup>,对上述参数进行诊断。①选择 PB、BB、BP 峰作为有效可接受的峰型<sup>[11,12]</sup>;②该系统每次进样运行时间约为 6 min,因此设置其在(6.5 ± 0.5) min 范围内为正常;③当钢瓶载气的压力被调整,保留时间变化范围应在 ±0.01 min 之内;目测:采用上述方法对数据核查后,仍有个别数据因主观或客观因素被标记,但并不一定无效,或有些无效数据尚未被标记。因此,需专家结合多个因素,通过直观图形显示,对数据进行更深入分析,逐级查找原因,更科学、合理的筛查和标记。

### 3 结果与讨论

根据 GC-FID 观测系统对 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 的响应信

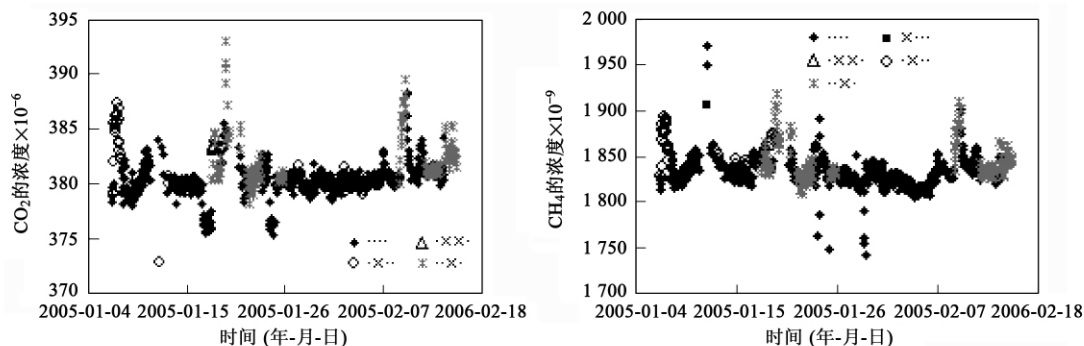


图1 经 OP 标记的 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 数据(2005-01-7 ~ 2005-02-15)

Fig.1 CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> data flagged by operator

#### 3.2 有效数据的本底筛分

因不同站点的地理位置、地形地貌和环境状况

号(峰值)与浓度呈线性相关,采用序列运行中两次相邻的已知浓度的标气,通过线性拟合计算未知样品浓度。标气峰值的变化可反应系统运行的稳定性。因此在计算浓度之前采用相邻标气的峰高平均值和标称浓度(接近环境大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度)计算中间标气(视为未知)的浓度,将计算浓度值与标称浓度的绝对差值作为依据,确定某次标气是否可参与计算实际空气样品浓度。本研究分别选择标称浓度与计算浓度的绝对差值为  $0.75 \times 10^{-6}$  ( $\mu\text{mol/mol}$ )和  $15 \times 10^{-9}$  ( $\text{nmol/mol}$ )作为判断标气是否可参与实际空气样品 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度计算的依据。

#### 3.1 OP FLAG 和 PI 质控标记对结果的影响分析

图1是经 OP 标记的 2005-01-07 ~ 2005-02-15 期间 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 观测数据时间序列。黑色的点是有效数据;其他的数据点是 OP 标记的数据(“×”表示受到影响)。CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 均有一些异常低的数据点并未被观测员标记,因此需由 PI 进一步诊断才能确认是否为有效数据。被标记为“·×·”的数据表示这些数据可能受到自然因素影响,研究表明瓦里关大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 会受到污染气团输送的影响而造成短期(1 ~ 5 d)浓度抬升<sup>[7,8]</sup>,但通常是有效数据,也需 PI 进一步诊断并确认。图2是经 PI 进一步诊断标记后的数据时间序列,一些极低的异常数据点已经被标记,而被 OP 标记为无效的数据被专家进一步审核,订正,获得了真正有效的时间序列(见图3)。可见,必须结合诸多因素,综合考虑,逐级筛查,才能确保获得的在线观测数据真实、有效和可靠。

等有很大差别,对温室气体进行长期、系统、准确观测时,应确定观测资料的时空代表性,分离出未受局

地和区域源汇影响的本底值,获得本底及非本底浓度值变化的特征,方可进一步结合数值模式研究其源汇<sup>[13]</sup>.

本研究利用局部近似回归法<sup>[15]</sup>,对经过上述数据处理和质控后的 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度进行了本底值筛分.图 4 是以 2006 年为例的 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 的小时平均浓度时间序列.局部近似回归法能够考虑 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度长期或短期的微小变化(日变化和季节变化),逐步逼近回归拟合,因此筛分的本底浓度符合瓦里关大

气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 季节变化特征.用这种方法筛分的 CO<sub>2</sub> 本底数据百分比约占原始有效数据的 72%,与前期结合地面风进行本底数据筛分的研究结果相似<sup>[8]</sup>; CH<sub>4</sub> 约占 44% 略低于前期研究结果 (~50%)<sup>[13]</sup>,可能因年份差异导致,此外 CH<sub>4</sub> 源汇的不确定性也会有所影响.经筛分后的日平均和月平均本底浓度数据已进入 Globalview 全球同化数据库,报送 WDCGG,并应用于 WMO 全球温室气体公报和联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估.

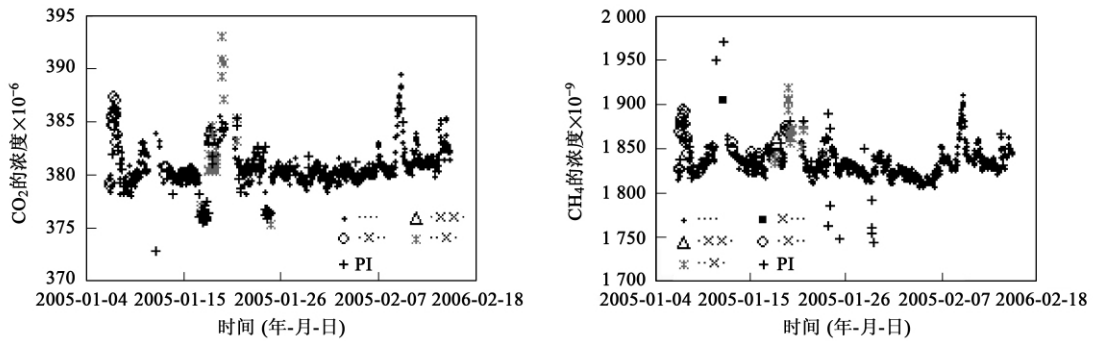


图 2 经 PI 标记的 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 数据(2005-01-07 ~ 2005-02-15)

Fig. 2 CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> data flagged by PI

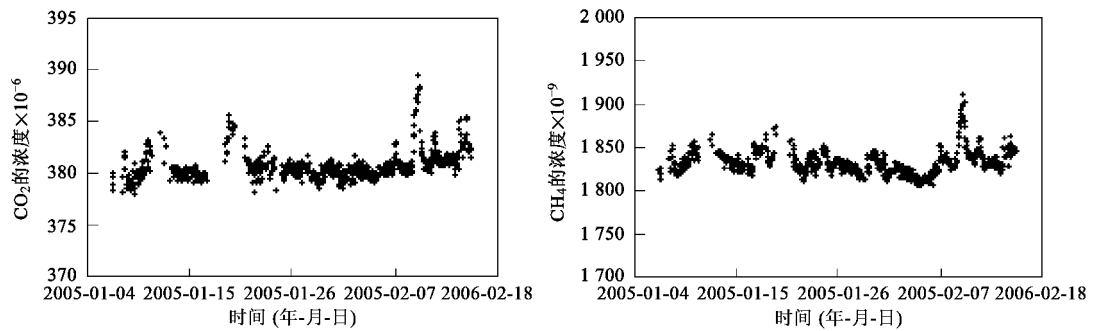


图 3 经各级质控后的 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 有效数据(2005-01-07 ~ 2005-02-15)

Fig. 3 Valid Data for CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>

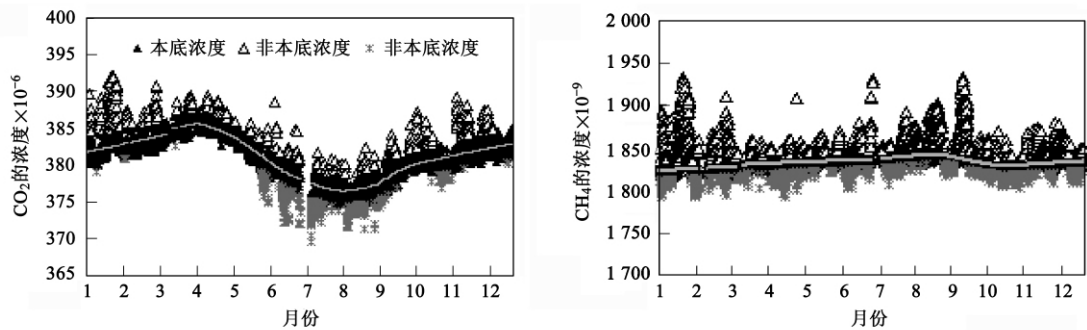


图 4 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度时间序列(以 2006 年为例)

Fig. 4 Time series for CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> (taking 2006 as an example)

### 3.3 与 flask 采样观测数据对比

将在线观测与瓶采样同期观测结果比较,是数据处理和质控的一种有效手段<sup>[16]</sup>。图 5 是以 2006 年为例的瓦里关大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 在线观测与瓶采样分析的月平均浓度(由美国 NOAA 分析)的比较,图 6 是两者的相对偏差。它们的 CO<sub>2</sub> 月平均浓度变化基本一致,4 月最高值,8 月最低,其相对偏差在 ±0.5% 内。CH<sub>4</sub> 月平均浓度略呈夏秋高,冬春低的

特征。在线观测与瓶采样分析结果的相对偏差也多数在 ±0.5% 内。某些月份(1、8 和 9 月)后者月平均浓度明显高于前者(相对标准偏差 > 0.5%),可能由于在线观测的进气口位于距地 80 m 高处,而瓶采样位于地面 5 m 高处。尽管选取午后大气混合均匀的时段采样,仍不可避免受近地面人类活动的影响。尤其是瓦里关站地处牧区,夏季周边放牧可能会对 CH<sub>4</sub> 浓度有较大的影响。

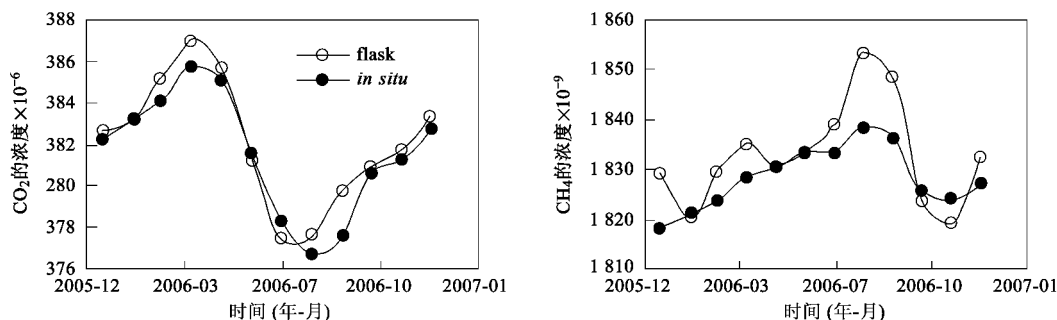


图 5 瓦里关大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度季节变化(以 2006 年为例)

Fig. 5 Seasonal variations of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> at WLG (taking 2006 as an example)

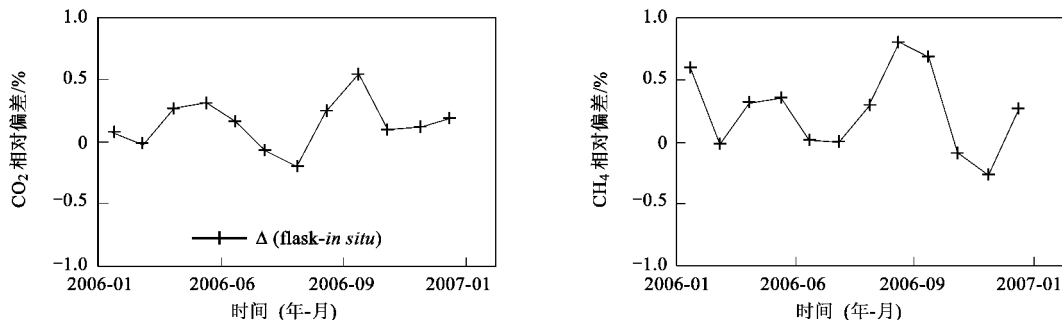


图 6 瓦里关在线 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 浓度与瓶采样分析结果的相对偏差(以 2006 年为例)

Fig. 6 Relative deviations of results from flask and in situ measurements for atmosphere CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> at WLG (taking 2006 as an example)

## 4 结论

(1) 研究建立了瓦里关气相色谱法在线观测大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 数据处理和质控方法及流程,包括原始资料采集、数据信息合并、原始数据备份,时间序列检查,利用标定资料计算空气样品浓度,观测员级质量控制,专家级质量控制及本底值筛分等。

(2) 利用局部近似回归法对大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 数据进行本底值筛分,获得瓦里关大气 CO<sub>2</sub> 本底数据百分比约占原始有效数据的 72%、CH<sub>4</sub> 约占 44%。

(3) 瓦里关 GC-FID 法在线观测与美国 NOAA/ESRL 分析的该站每周 1 次 flask 瓶采样 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub>

月平均浓度基本一致,其相对偏差大多在 ±0.5% 以内。

(4) 瓦里关大气 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 本底浓度数据已进入 Globalview 全球同化数据库,报送 WDCGG 并应用于 WMO 全球温室气体公报。

(5) 数据处理过程中根据诸多影响因素进行综合分析,逐级查找原因,进行科学、合理的筛查和标记,才能充分发挥本底站温室气体观测数据的科学和应用价值,并为开展同类工作提供方法和经验。

致谢:感谢青海瓦里关站业务人员在野外现场的辛勤工作。感谢中国气象局及国内相关机构的长期支持。感谢 WMO/GAW 等国际组织的协助。

## 参考文献:

- [ 1 ] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basic [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [ 2 ] GLOBALVIEW-CO<sub>2</sub>: cooperative atmospheric data integration project—Carbon dioxide [R]. CD-ROM, NOAA ESRL, Boulder, Colorado, 2009.
- [ 3 ] GLOBALVIEW-CH<sub>4</sub>: cooperative atmospheric data integration project—Methane [R]. CD-ROM, NOAA ESRL, Boulder, Colorado, 2009.
- [ 4 ] WDCGG. World Data Center for Greenhouse Gases (WDCGG) [R]. Data Summary, WMO WDCGG 33, Japan: Tokyo, 2009.
- [ 5 ] 周凌晞, 温玉璞, 李金龙, 等. 地面风对瓦里关山大气 CH<sub>4</sub> 本底浓度的影响分析 [J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 257-265.
- [ 6 ] 周凌晞, 汤洁, 温玉璞, 等. 地面风对瓦里关山大气 CO<sub>2</sub> 本底浓度的影响分析 [J]. 环境科学学报, 2002, 22(2): 135-139.
- [ 7 ] 周凌晞, 中国大陆地区主要温室气体本底特征研究 [D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2001.
- [ 8 ] Zhou L X, Tang J, Wen Y P, *et al.* The impact of local winds and long-range transport on the continuous carbon dioxide record at Mount Waliguan China [J]. Tellus, 2003, 55B (2): 145-158.
- [ 9 ] Masarie K A, Steele L P, Lang P M, A rule-based expert system for evaluating the quality of long-term, in situ, gas chromatographic measurement of atmospheric methane [R]. Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory, Boulder, Colorado, 1991.
- [ 10 ] WMO TD No. 186. 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracers Measurement Techniques [R]. Helsinki, Finland, 2007.
- [ 11 ] Lang, P M, Steele L P, Martin R C, *et al.*, Atmospheric methane data for the period 1983-1985 from the NOAA/GMCC global cooperative flask sampling network. NOAA Tech. Memo [R]. ERL CMDL-1, NOAA Environmental Research Laboratories, Boulder, Colorado, 1990.
- [ 12 ] Dlugokencky E J, Lang, P M, Steele L P *et al.*, Experimental techniques for NOAA/CMDL in-situ methane measurements at Mauna Loa and Point Barrow observatories [R]. NOAA Tech. Memo. NOAA Environmental Research Laboratories, Boulder, Colorado, 1992.
- [ 13 ] Zhou L X, Worthy D E J, Lang P M, *et al.* Ten years of atmospheric methane observations at a high elevation site in Western China [J]. Atmos Environ, 2004, 38: 7041-7054.
- [ 14 ] 周凌晞, 汤洁, 张晓春, 等. 气相色谱法观测本底大气中的甲烷和二氧化碳 [J]. 环境科学学报, 1998, 18(4): 356-361.
- [ 15 ] Andreas F R, Matthew P J, Robert W F, *et al.* Baseline subtraction using robust local regression estimation [J]. J Quant Spectrosc Radiat Transfer, 2001, 68(2): 179-193.
- [ 16 ] Prinn R G, Weiss R F, Fraser P G, *et al.* A history of chemically and radiatively important gases in air deduced from ALE/GAGE/AGAGE [J]. J Geophys Res, 2000, 105: 17751-17792.