

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第1期

Vol.33 No.1

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

30年来中国民航运输行业的大气污染物排放 何吉成 (1)

北京上甸子站气相色谱法大气 CH₄ 和 CO 在线观测方法研究 汪巍,周凌晔,方双喜,张芳,姚波,刘立新 (8)

2010年1月北京城区大气消光系数重建及其贡献因子 朱李华,陶俊,陈忠明,赵岳,张仁健,曹军骥 (13)

广东东江流域多氯萘的大气沉降研究 王琰,李军,刘向,成志能,张瑞杰,张干 (20)

塔克拉玛干沙尘暴源区空气微生物群落的代谢特征 段魏魏,娄恺,曾军,胡蓉,史应武,何清,刘新春,孙建,晁群芳 (26)

紫外光降解对生物过滤塔去除氯苯性能的影响机制研究 王灿,席劲瑛,胡洪管,姚远 (32)

春季黄渤海溶解有机碳的平面分布特征 丁雁雁,张传松,石晓勇,商荣宁 (37)

春季胶州湾海水汞的形态研究 许廖奇,刘汝海,王金玉,汤爱坤,王舒 (42)

丽江盆地地表-地下水的水化学特征及其控制因素 蒲焘,何元庆,朱国锋,张蔚,曹伟宏,常丽,王春风 (48)

塔里木河下游输水间歇地下水埋深及化学组分的变化 陈永金,李卫红,董杰,刘加珍 (55)

某危险废物填埋场地下水污染预测及控制模拟 马志飞,安达,姜永海,席北斗,李定龙,张进保,杨昱 (64)

北京市城市降雨径流水质评价研究 侯培强,任玉芬,王效科,欧阳志云,周小平 (71)

重庆市路面降雨径流特征及污染源解析 张千千,王效科,郝丽岭,侯培强,欧阳志云 (76)

沉水植物床-固定化微生物技术在水源地修复中的应用研究 陈祈春,李正魁,王易超,吴凯,范念文 (83)

Pd/TiO₂ 对水体中2,4-二氯酚的催化加氢脱氯研究 张寅,邵芸,陈欢,万海勤,万玉秋,郑寿荣 (88)

pH值对纳米零价铁吸附降解2,4-二氯苯酚的影响 冯丽,葛小鹏,王东升,汤鸿霄 (94)

给水管网中耐氯性细菌的灭活特性研究 陈雨乔,段晓笛,陆品品,王茜,张晓健,陈超 (104)

安徽省畜禽粪便污染耕地、水体现状及其风险评价 宋大平,庄大方,陈巍 (110)

染整废水深度处理纳滤工艺膜污染成因分析 曹晓兵,李涛,周律,杨海军,王晓 (117)

间歇式气水联合反冲洗生物炭池的试验研究 谢志刚,邱雪敏,赵燕玲 (124)

pH及表面活性剂对诺氟沙星在海洋沉积物上吸附行为的影响 庞会玲,杨桂朋,高先池,曹晓燕 (129)

硅在湖泊沉积物上的吸附特征及形态分布研究 吕昌伟,崔萌,高际玫,张细燕,万丽丽,何江,孟婷婷,白帆,杨旭 (135)

农作物残体制备的生物质炭对水中亚甲基蓝的吸附作用 徐仁扣,赵安珍,肖双成,袁金华 (142)

高分子固体废物基活性炭对有机染料的吸附解吸行为研究 廉菲,刘畅,李国光,刘一夫,李勇,祝凌燕 (147)

活性污泥对四环素的吸附性能研究 陈瑞萍,张丽,于洁,陶芸,张忠品,李克勋,刘东方 (156)

加油站油类污染物自然衰减现场试验研究 贾慧,武晓峰,胡黎明,刘培斌 (163)

生物质炭对土壤中氯苯类物质生物有效性的影响及评价方法 宋洋,王芳,杨兴伦,卞永荣,谷成刚,谢祖彬,蒋新 (169)

利用第二缺氧段硝酸盐氮浓度作为 MUCT 工艺运行控制参数 王晓玲,尹军,高尚 (175)

数学模拟好氧颗粒污泥的形成及水力剪切强度对颗粒粒径的影响 董峰,张捍民,杨凤林 (181)

不同污泥停留时间对城市污泥生物沥浸推流式运行系统的影响 刘奋武,周立祥,周俊,姜峰,王电站 (191)

间歇曝气生物滤池生物除磷性能研究 曾龙云,杨春平,郭俊元,罗胜联 (197)

鸡粪与互花米草沼渣混合发酵产甲烷的研究 陈广银,常志州,叶小梅,杜静,徐跃定,张建英 (203)

北京市生活垃圾填埋场产甲烷不确定性定量评估 陈操操,刘春兰,李铮,王海华,张妍,王璐 (208)

外加酶强化剩余污泥微生物燃料电池产电特性的研究 杨慧,刘志华,李小明,杨麒,方丽,黄华军,曾光明,李硕 (216)

赤潮藻电致化学发光分子探针检测系统的构建 朱霞,甄毓,米铁柱,池振明,徐晓春 (222)

邻苯二甲酸二丁酯对短裸甲藻的抑制机制研究 别聪聪,李锋民,王一斐,王昊云,赵雅茜,赵薇,王震宇 (228)

纳米 TiO₂ 对短裸甲藻的毒性效应 李锋民,赵薇,李媛媛,田志佳,王震宇 (233)

苏州河底泥3种内分泌干扰物的空间分布及环境风险 李洋,胡雪峰,王效举,茂木守,大塚宜寿,细野繁雄,杜艳,姜琪,李珊,冯建伟 (239)

电子废物拆解区农业土壤中 PCNs 的污染水平、分布特征与来源解析 王学彤,贾金盼,李元成,孙阳昭,吴明红,盛国英,傅家谟 (247)

洛阳市不同功能区道路灰尘重金属污染及潜在生态风险 刘德鸿,王发园,周文利,杨玉建 (253)

湘江流域土壤重金属污染及其生态环境风险评价 刘春早,黄益宗,雷鸣,郝晓伟,李希,铁柏清,谢建治 (260)

广西铅锡矿冶炼区土壤剖面及孔隙水中重金属污染分布规律 项萌,张国平,李玲,魏晓飞,蔡永兵 (266)

缺氧条件下土壤砷的形态转化与环境行为研究 吴锡,许丽英,张雪霞,宋雨,王新,贾永锋 (273)

可渗透反应复合电极法对铬(VI)污染土壤的电动修复 付融冰,刘芳,马晋,张长波,何国富 (280)

胡敏酸对汞还原能力的测定和表征 江韬,魏世强,李雪梅,卢松,李梦婕,罗畅 (286)

Zn(II)对生物质碳源处理酸性矿山排水中厌氧微生物活性影响 黎少杰,陈天虎,周跃飞,岳正波,金杰,刘畅 (293)

油气田土壤样品中可培养丁烷氧化菌多样性研究 张莹,李宝珍,杨金水,汪双清,袁红莉 (299)

利用 PCR-DGGE 分析未开发油气田地表微生物群落结构 满鹏,齐鸿雁,呼庆,马安周,白志辉,庄国强 (305)

黄土高原六道沟流域8种植物根际细菌与AMF群落多样性研究 封晔,唐明,陈辉,丛伟 (314)

鸡粪与猪粪所含土霉素在土壤中降解的动态变化及原因分析 张健,关连珠,颜丽 (323)

杂质对废塑料裂解产物及污染物排放的影响 赵磊,王中慧,陈德珍,马晓波,栾健 (329)

《环境科学》征稿简则(7) 《环境科学》征订启事(19) 信息(47,70,202,304)

北京上甸子站气相色谱法大气 CH₄ 和 CO 在线观测方法研究

汪巍, 周凌晞*, 方双喜, 张芳, 姚波, 刘立新

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要: 参照瓦里关全球大气本底站气相色谱在线观测系统的设计, 通过系统调试、测试和参数优化, 于2009年在北京上甸子区域大气本底站建立了高精度气相色谱法大气 CH₄ 和 CO 在线观测系统. 该系统对 CH₄ 和 CO 的测量精度分别优于 0.03% 和 0.45%, 达到世界气象组织全球大气观测计划(WMO/GAW)的质量目标. 研究建立了与该系统配套的标气选取方法及运行序列: 选取可基本涵盖该站大气 CH₄ 和 CO 浓度范围的 2 瓶标气作为工作标气, 其中 CH₄ 浓度分别为 $2\,007.1 \times 10^{-9}$ 、 $1\,809.5 \times 10^{-9}$ (摩尔分数, 下同), CO 浓度分别为 405.6×10^{-9} 、 123.8×10^{-9} , 在高低浓度工作标气之间穿插分析 3 次大气样品, 能够保证测量的准确度(观测浓度的标准偏差 CH₄ < 1.7×10^{-9} 、CO < 1×10^{-9}), 同时可最大程度地节省工作标气. 该方法已应用于华北地区本底大气 CH₄ 和 CO 的高精度连续观测.

关键词: 气相色谱法; 在线观测; CH₄ 和 CO 浓度; 工作标气

中图分类号: X831 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)01-0008-05

Study on the *in-situ* Measurement of Atmospheric CH₄ and CO by GC-FID Method at the Shangdianzi GAW Regional Station

WANG Wei, ZHOU Ling-xi, FANG Shuang-xi, ZHANG Fang, YAO Bo, LIU Li-xin

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

Abstract: *In-situ* GC-FID system for atmospheric CH₄ and CO mixing ratio measurements at the Shangdianzi (SDZ) GAW regional station in Beijing was designed and optimized in 2009 based on a comparable system at the Waliguan GAW global station in Qinhai. Results from this study indicate that the system's precisions for CH₄ and CO are higher than 0.03% and 0.45% respectively, which can meet the quality target on background greenhouse gas observations by the World Meteorology Organization's Global Atmosphere Watch (WMO/GAW) program. The selection method of working standards for this system was established: two working standards (WH for the high concentration and WL for the low concentration) were selected, the concentrations of CH₄ and CO in these two standards can cover the ambient mixing ratios of CH₄ ($2\,007.1 \times 10^{-9}$ and $1\,809.5 \times 10^{-9}$) and CO (405.6×10^{-9} and 123.8×10^{-9}), an injection sequence was programmed so that the two standards were analyzed alternatively for every three runs. The measurement accuracies are high, as shown by the standard deviations less than 1.7×10^{-9} and 1×10^{-9} , for CH₄ and CO, respectively. This method has been applied to *in-situ* measurement of atmospheric CH₄ and CO in North China.

Key words: GC-FID; *in-situ* measurement; CH₄ and CO; working standards

大气中甲烷(CH₄)是主要的温室气体之一,能直接影响全球气候.同时CH₄又是化学活性气体,能参与一系列大气化学过程,影响大气中臭氧(O₃)和氢氧自由基(·OH)等其他化学成分^[1].大气中一氧化碳(CO)能与·OH反应,并与CH₄和·OH的反应相互竞争,从而间接影响CH₄等在大气中的停留时间,因此对全球气候也会产生影响^[2-4].大气中CH₄主要来源于天然湿地、稻田、化石燃料开采以及反刍动物肠胃发酵等,CO的来源主要是矿物质燃料不完全燃烧、植物和海洋排放以及CH₄和非甲烷烃(NMHC)的氧化^[5,6].

高精度在线观测是研究本底大气中CH₄和CO浓度变化规律、长距离输送及其全球收支的基础.已

有研究报道了大气CH₄和CO的在线分析及质控方法,但主要集中在受污染区域的大气浓度观测及通量测定方面^[7-17],分析精度一般在1%左右^[7,8].在本底地区大气中,CH₄和CO浓度值一般较低且波动范围小,研究浓度的微小变化需要更高精度和准确度的观测^[18].已有相关研究报道了青海瓦里关全球大气本底站的在线分析方法^[19-21],然而有关华北地区本底大气CH₄和CO在线观测方法的研究未见报道.

收稿日期: 2011-03-04; 修订日期: 2011-05-03

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200806026); 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2010CB950601)

作者简介: 汪巍(1987~),男,硕士研究生,主要研究方向为温室气体本底观测, E-mail: nuistwangwei@163.com

* 通讯联系人, E-mail: zhoulx@cma.gov.cn

本研究参照瓦里关站气相色谱在线观测系统的设计,在上甸子区域大气本底站建立了高精度气相色谱法大气 CH₄ 和 CO 在线观测系统,并结合该站实际大气浓度水平,建立了配套的标气选取方法及运行序列,保证了分析结果的可靠性。

1 材料与方法

北京上甸子区域大气本底站(117.07°E,40.39°N,海拔 293 m)位于北京密云县高岭镇上甸子村,距北京市主城区东北方向约 100 km,该站是中国的 4 个大气成分本底国家野外观测研究站之一,也是 WMO/GAW 区域大气本底站。在线观测系统位于实验楼内,采样塔(高度 10 m)位于实验楼正北约 60 m 处,采样口位于采样塔 8 m 高处。

大气中 CH₄ 和 CO 浓度是通过气相色谱-氢火

焰离子化检测器(GC-FID)(Agilent 6890N)系统进行在线观测的。空气由真空泵抽入(流量约 1 L·min⁻¹),经 -70℃冷阱干燥及质量流量控制计进入定量管(容量为 10 mL)冲洗平衡 1 min,再由载气(99.999%高纯氮气)带入预柱(3 英尺、1/8 英寸、填充 60~80 目 5Å 分子筛)与主分离柱(4 英尺、1/8 英寸、填充 60~80 目 Unibeads 1S)进行分离,柱温设为 65℃,检测器温度设为 175℃,每个样品分析 10 min。待 CH₄ 出峰完毕,切换转化炉的转换阀,使 CO 在 395℃镍转化炉中被 H₂ 还原为 CH₄,再进入 FID 进行检测。2 种成分均根据其保留时间定性、峰高定量。本系统的主要原理与文献[19]报道类似。

表 1 为系统测试用标气(美国 Scott-Marrin 公司 0.029 m³ 铝合金钢瓶,以清洁空气为底气),可溯源至 WMO/GAW 一级标气。

表 1 系统测试用标气及标称浓度值

Table 1 Concentrations of standard gas for the test

标气	C1	C2	C3	C4	C5	C6	T1	T2	WH	WL
CH ₄ 浓度 × 10 ⁻⁹	1 605.6	1 703.4	1 792.3	2 289.7	2 490.5	2 007.1	2 092.5	1 956.5	2 007.1	1 809.5
CO 浓度 × 10 ⁻⁹	106.2	200.3	300.6	590.9	795.8	405.6	264.0	251.0	405.6	123.8

2 结果与分析

2.1 系统测试

为测定系统对 CH₄ 和 CO 在不同浓度范围的响应情况,选择了 5 瓶标气(C1~C5)依次分析。每瓶标气测试 30 次,共获得 150 个数据。对各标气的 CH₄、CO 峰高响应平均值与对应的标称浓度进行线性拟合

(图 1),相关系数(R^2)均达到 1.000 0,表明系统对浓度为 1 605.6 × 10⁻⁹ ~ 2 490.5 × 10⁻⁹ 的 CH₄ 以及浓度为 106.2 × 10⁻⁹ ~ 795.8 × 10⁻⁹ 的 CO 有非常好的线性响应。用线性拟合标准曲线和各次进样的峰高响应分别计算各标气的 CH₄ 和 CO 测定浓度,结果的标准偏差见表 2,表明该系统有良好的精度。

2.2 标气选取对测量结果的影响

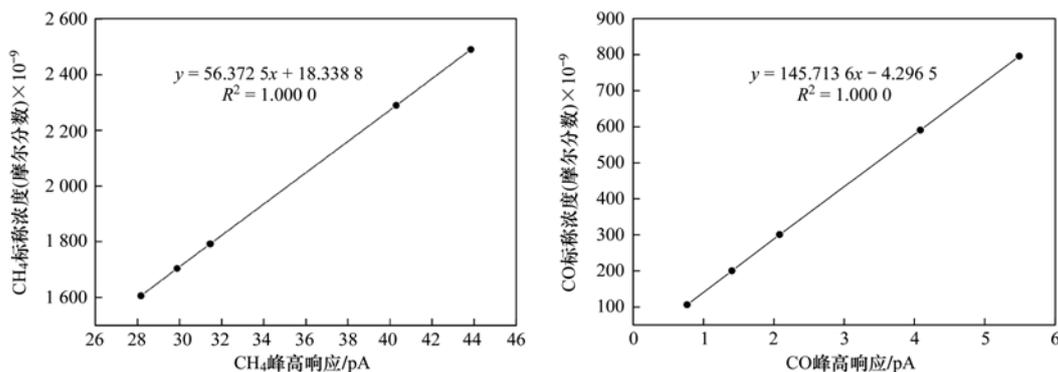


图 1 CH₄ 和 CO 线性测试结果

Fig. 1 Results of CH₄ and CO linearity testing

对测试标气 C1~C6 和目标气 T1 进行穿插分析,按 C1、C2、C3、T1、C4、C5、C6 的顺序连续循环分析 30 个周期。按照排列组合方式,从 C1~C6 中随机选取其中的 1 瓶、2 瓶、3 瓶...6 瓶标气来计算 T1

浓度,即用标气的峰高平均与标称浓度进行线性拟合,对目标气 T1 的 CH₄ 和 CO 的浓度分别进行计算,一共获得 6 组数据,每组数据对应的计算均值及标准偏差如表 3 所示。

表 2 系统对 CH₄ 和 CO 测量的精度测定结果Table 2 Results of CH₄ and CO precision testing

物种	参数	C1	C2	C3	C4	C5
CH ₄	拟合次数	30	30	30	30	30
	拟合均值 × 10 ⁻⁹	1 606.1	1 703.2	1 792.0	2 290.0	2 490.4
	标准偏差 × 10 ⁻⁹	0.47	0.54	0.60	0.57	0.42
	相对标准偏差/%	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
CO	拟合次数	30	30	30	30	30
	拟合均值 × 10 ⁻⁹	107.6	200.1	298.9	591.3	796.1
	标准偏差 × 10 ⁻⁹	0.48	0.57	0.54	0.83	0.54
	相对标准偏差/%	0.45	0.28	0.18	0.14	0.07

表 3 不同标气搭配方式的计算结果

Table 3 Results calculated using different matches of standards

使用标气个数	标气搭配方式/种	T1 计算结果均值 × 10 ⁻⁹		标准偏差 × 10 ⁻⁹	
		CH ₄	CO	CH ₄	CO
1	6	2 094.0	263.5	3.37	4.71
2	15	2 093.1	264.5	1.14	1.72
3	20	2 092.8	264.4	0.81	1.13
4	15	2 092.6	264.1	0.53	0.75
5	6	2 092.5	264.0	0.18	0.47
6	1	2 092.5	264.0	0	0

理论上,采用越多数量的标气,单个标气响应异常所带来的误差越小.如图 2,随着工作曲线点的增加(即使用标气个数的增多),计算的 T1 浓度的标准偏差逐渐变小.当使用标气个数达到 2 个时,CH₄

和 CO 的分析结果偏差均在 2×10^{-9} 之内.考虑到在满足 WMO/GAW 的观测质量要求的同时,还需尽可能降低运行成本,所以该系统在台站运行时,选取 2 瓶高低浓度不同的标气作为工作标气.

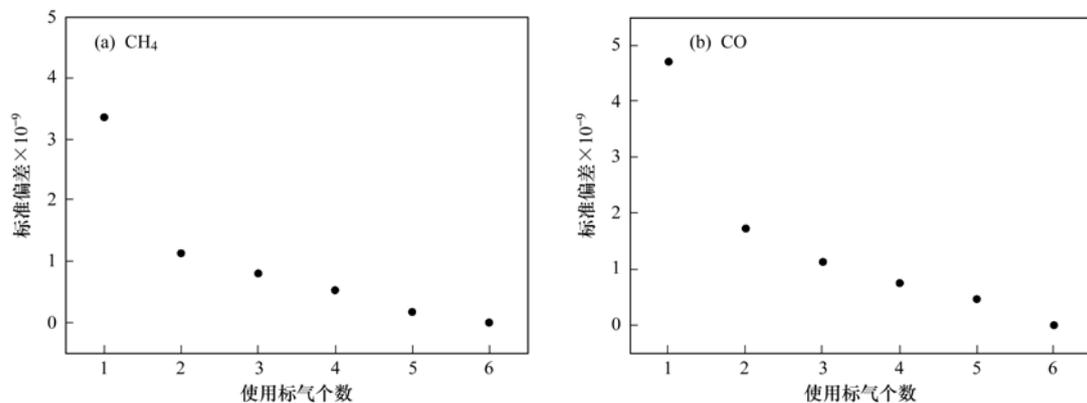


图 2 标气个数与观测精度的关系

Fig. 2 Relation between precision and number of standards

2.3 工作标气浓度的选定

由于系统对 CH₄ 和 CO 的响应在上甸子站本底浓度范围内为线性(如图 1),从理论上讲,可以对 2 瓶工作标气的峰高响应及标称浓度进行最小二乘法线性拟合来计算样品气中的浓度.然而,因为存在系统误差,各标气浓度的计算结果会与其真值之间存在偏差,并且待测样气与工作标气的响应差值越大,样气的计算结果的偏差很可能也越大.所以,在台站

实际运行中,为减小因标气浓度不同而产生的测量误差,所选定的 2 瓶标气应能大致覆盖清洁环境大气中 CH₄ 和 CO 浓度范围,且标气和环境大气之间的浓度差异应尽可能小.自 2006 年开始的每周一次瓶采样分析结果表明,上甸子站清洁大气中 CH₄ 和 CO 浓度主要在 $1\ 840 \sim 2\ 000 \times 10^{-9}$ 、 $120 \sim 300 \times 10^{-9}$ 范围内^[22],因此最终选定 2 瓶标气作为该系统的高低浓度标气(WH、WL),其中 CH₄ 和 CO 浓度

分别为 $2\,007.1 \times 10^{-9}$ 、 405.6×10^{-9} 和 $1\,809.5 \times 10^{-9}$ 、 123.8×10^{-9} 。

2.4 工作标气使用频率的选定

为保证测量结果的准确性,并最大程度的节约标气成本,需确定工作标气使用频率,即高低浓度工

作标气之间穿插分析的空气样品次数. 按 WH、WL 之间穿插 1~6 次 T2 进样的运行序列进行测试,每次连续测量 WH、WL 及 T2,得到 6 组 T2 的计算浓度,每组的约 50 个数据. 各次测量结果的标准偏差 (STDEV) 如图 3.

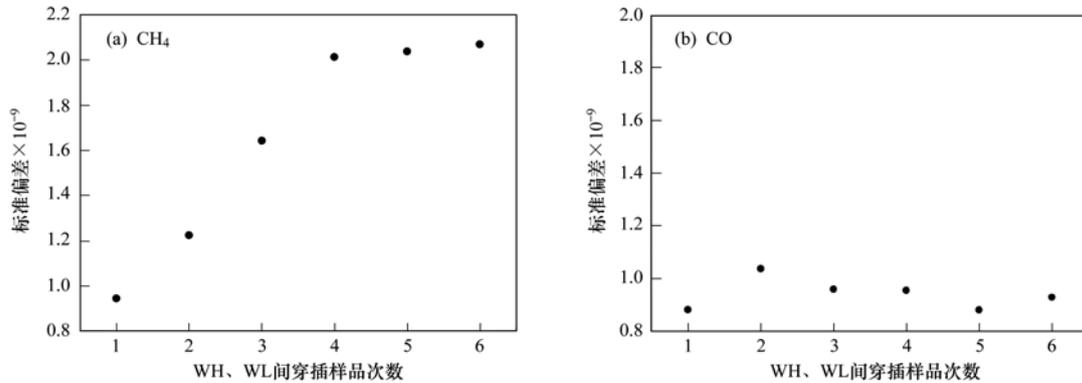


图 3 穿插分析样品次数与分析精度的关系

Fig. 3 STDEV versus different sample numbers between WH & WL

随着 2 瓶工作标气之间分析 T2 次数的增多, T2 计算浓度的标准偏差也逐渐变大, CH₄ 尤其明显. 当穿插样品次数 < 4 次时, 测定 T2 中 CH₄ 和 CO 浓度的标准偏差均在 2×10^{-9} 之内. 因此, 在上甸子站实际运行时, 高低浓度工作标气之间穿插 3 次空气样品分析, 即 WH A A A WL A A A WH A A A..., 此时观测浓度的标准偏差 CH₄ < 1.7×10^{-9} 、CO < 1×10^{-9} , 其中 CO 的准确度高于瓦里关站气相色谱系统, CH₄ 略低^[22], 但均能满足 WMO/GAW 对大气 CH₄ 和 CO 本底观测的质量要求.

3 结论

(1) 在北京上甸子区域大气本底站建立了气相色谱观测系统, 可用于高精度分析大气中的 CH₄ 和 CO 浓度.

(2) 线性测试结果表明, 该气相色谱系统具有良好的线性和精度, 满足 WMO/GAW 对大气 CH₄ 和 CO 本底观测的要求.

(3) 通过测试及分析确定了标气选取方法, 并选定了 2 瓶 CH₄ 和 CO 浓度分别为 $2\,007.1 \times 10^{-9}$ 、 405.6×10^{-9} 和 $1\,809.5 \times 10^{-9}$ 、 123.8×10^{-9} 的标气作为系统的工作标气, 减小了测量误差.

(4) 确定了台站标气及空气进样的运行序列, 即 WH A A A WL A A A WH A A A..., 能保证实际测量结果满足 WMO/GAW 的质量要求.

参考文献:

- [1] 唐孝炎, 张远航, 邵敏. 大气环境化学 [M]. (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2006. 73-74.
- [2] Novelli P C, Masarie K A, Lang P M. Distributions and recent changes of carbon monoxide in the lower troposphere [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998, **103** (D15): 19015-19033.
- [3] Daniel J S, Solomon S. On the climate forcing of carbon monoxide [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998, **103** (D11): 13249-13260.
- [4] Novelli P C, Masarie K A, Tans P P, *et al.* Recent changes in atmospheric carbon monoxide [J]. *Science*, 1994, **263**(5153): 1587-1590.
- [5] 王跃思, 薛敏, 黄耀, 等. 内蒙古天然与放牧草原温室气体排放研究 [J]. *应用生态学报*, 2003, **14**(3): 372-376.
- [6] Kanakidou M, Crutzen P J. The photochemical source of carbon monoxide: Importance, uncertainties and feedbacks [J]. *Chemosphere-Global Change Science*, 1999, **1**(1-3): 91-109.
- [7] 董云社, 章申, 齐玉春, 等. 内蒙古典型草地 CO₂、CH₄、N₂O 通量的同时观测及其日变化 [J]. *科学通报*, 2000, **45**(3): 318-322.
- [8] 薛敏, 王跃思, 孙扬, 等. 北京市大气中 CO 的浓度变化监测分析 [J]. *环境科学*, 2006, **27**(2): 200-206.
- [9] 安俊琳, 李昕, 王跃思, 等. 北京气象塔夏季大气 O₃、NO_x 和 CO 浓度变化的观测实验 [J]. *环境科学*, 2003, **24**(6): 43-47.
- [10] 宋长春, 杨文燕, 徐小锋, 等. 沼泽湿地生态系统土壤 CO₂ 和 CH₄ 排放动态及影响因素 [J]. *环境科学*, 2004, **25**(4): 1-6.
- [11] 杜睿, 黄建辉, 万小伟, 等. 北京地区暖温带森林土壤温室

- 气体排放规律 [J]. 环境科学, 2004, **25**(2): 12-16.
- [12] 王长科, 王跃思, 刘广仁, 等. 北京城区大气 CH₄ 浓度及其变化规律 [J]. 环境科学研究, 2003, **16**(6): 43-45.
- [13] 何新星, 王跃思, 刘广仁, 等. 北京大气 CH₄、CO₂、TOC 日变化规律及垂直分布的自动连续观测 [J]. 中国环境监测, 2005, **21**(3): 62-66.
- [14] 吉东生, 孙扬, 王跃思, 等. 改进 GC/FID 法连续观测大气中 CO 浓度 [J]. 环境工程学报, 2008, **2**(5): 669-674.
- [15] 吴丽玲, 曾立民, 于雪娜, 等. 配备低压进样系统的 GC-FID 法测大气中的 CO 和 CH₄ [J]. 环境科学学报, 2010, **30**(9): 1766-1771.
- [16] 顾帅, 周凌晞, 刘立新, 等. 静态箱-气相色谱法 CO₂ 和 CH₄ 通量观测的质控方法研究 [J]. 气象, 2010, **36**(8): 87-101.
- [17] 杜睿, 王庚辰, 吕达仁, 等. 箱法在草地温室气体通量野外实验观测中的应用研究 [J]. 大气科学, 2004, **25**(1): 61-70.
- [18] Laurila T. 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide Concentration and Related Tracers Measurement Techniques [R]. Helsinki: World Meteorological Organization, 2007. 1-2.
- [19] 方双喜, 周凌晞, 张芳, 等. 双通道气相色谱法观测本底大气中的 CH₄、CO、N₂O 和 SF₆ [J]. 环境科学学报, 2010, **30**(1): 52-59.
- [20] 周凌晞, 汤洁, Ernst M K, 等. 中国西部本底大气中 CO 的连续测量 [J]. 环境科学, 2001, **22**(3): 1-5.
- [21] 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.
- [22] 刘立新, 周凌晞, 温民, 等. 中国 4 个国家级野外站大气 CH₄ 本底浓度变化特征 [J]. 气候变化研究进展, 2009, **5**(5): 285-290.

CONTENTS

Air Pollutant Emissions of Aircraft in China in Recent 30 Years	HE Ji-cheng (1)
Study on the <i>in-situ</i> Measurement of Atmospheric CH ₄ and CO by GC-FID Method at the Shangdianzi GAW Regional Station	WANG Wei, ZHOU Ling-xi, FANG Shuang-xi, <i>et al.</i> (8)
Reconstructed Ambient Light Extinction Coefficient and Its Contribution Factors in Beijing in January, 2010	ZHU Li-hua, TAO Jun, CHEN Zhong-ming, <i>et al.</i> (13)
Atmospheric Deposition of Polychlorinated Naphthalenes in Dongjiang River Basin of Guangdong Province	WANG Yan, LI Jun, LIU Xiang, <i>et al.</i> (20)
Metabolic Characteristics of Air Microbial Communities from Sandstorm Source Areas of the Taklamakan Desert	DUAN Wei-wei, LOU Kai, ZENG Jun, <i>et al.</i> (26)
Mechanisms of UV Photodegradation on Performance of a Subsequent Biofilter Treating Gaseous Chlorobenzene	WANG Can, XI Jin-ying, HU Hong-ying, <i>et al.</i> (32)
Distribution of Dissolved Organic Carbon in the Bohai Sea and Yellow Sea in Spring	DING Yan-yan, ZHANG Chuan-song, SHI Xiao-yong, <i>et al.</i> (37)
Research on the Mercury Species in Jiaozhou Bay in Spring	XU Liao-qi, LIU Ru-hai, WANG Jin-yu, <i>et al.</i> (42)
Geochemistry of Surface and Ground Water in the Lijiang Basin, Northwest Yunnan	PU Tao, HE Yuan-qing, ZHU Guo-feng, <i>et al.</i> (48)
Variations in Depth and Chemistry of Groundwater in Interval of Water Delivery at the Lower Tarim River	CHEN Yong-jin, LI Wei-hong, DONG Jie, <i>et al.</i> (55)
Simulation on Contamination Forecast and Control of Groundwater in a Certain Hazardous Waste Landfill	MA Zhi-fei, AN Da, JIANG Yong-hai, <i>et al.</i> (64)
Research on Evaluation of Water Quality of Beijing Urban Stormwater Runoff	HOU Pei-qiang, REN Yu-fen, WANG Xiao-ke, <i>et al.</i> (71)
Characterization and Source Apportionment of Pollutants in Urban Roadway Runoff in Chongqing	ZHANG Qian-qian, WANG Xiao-ke, HAO Li-ling, <i>et al.</i> (76)
Applied Study of the Submerged Macrophytes Bed-Immobilized Bacteria in Drinking Water Restoration	CHEN Qi-chun, LI Zheng-kui, WANG Yi-chao, <i>et al.</i> (83)
Catalytic Hydrodechlorination of 2,4-Dichlorophenol over Pd/TiO ₂	ZHANG Yin, SHAO Yun, CHEN Huan, <i>et al.</i> (88)
Effects of pH Value on the Adsorption and Degradation of 2,4-DCP by Nanoscale Zero-Valent Iron	FENG Li, GE Xiao-peng, WANG Dong-sheng, <i>et al.</i> (94)
Inactivation of the Chlorine-resistant Bacteria Isolated from the Drinking Water Distribution System	CHEN Yu-qiao, DUAN Xiao-di, LU Pin-pin, <i>et al.</i> (104)
Risk Assessment of the Farmland and Water Contamination with the Livestock Manure in Anhui Province	SONG Da-ping, ZHUANG Da-fang, CHEN Wei (110)
Analysis of Membrane Fouling Genesis in Nanofiltration Process for Advanced Treatment of Dyeing and Finishing Wastewater	CAO Xiao-bing, LI Tao, ZHOU Lü, <i>et al.</i> (117)
Experimental Research on Combined Water and Air Backwashing Reactor Technology for Biological Activated Carbon	XIE Zhi-gang, QIU Xue-min, ZHAO Yan-ling (124)
Impacts of pH and Surfactants on Adsorption Behaviors of Norfloxacin on Marine Sediments	PANG Hui-ling, YANG Gui-peng, GAO Xian-chi, <i>et al.</i> (129)
Adsorption Characteristic and Form Distribution of Silicate in Lakes Sediments	LÜ Chang-wei, CUI Meng, GAO Ji-mei, <i>et al.</i> (135)
Adsorption of Methylene Blue from Water by the Biochars Generated from Crop Residues	XU Ren-kou, ZHAO An-zhen, XIAO Shuang-cheng, <i>et al.</i> (142)
Adsorption and Desorption of Dyes by Waste-Polymer-Derived Activated Carbons	LIAN Fei, LIU Chang, LI Guo-guang, <i>et al.</i> (147)
Study on the Sorption Behavior of Tetracycline onto Activated Sludge	CHEN Rui-ping, ZHANG Li, YU Jie, <i>et al.</i> (156)
<i>In situ</i> Experimental Research on Natural Attenuation of Oil Pollutants in a Gas Station	JIA Hui, WU Xiao-feng, HU Li-ming, <i>et al.</i> (163)
Influence and Assessment of Biochar on the Bioavailability of Chlorobenzenes in Soil	SONG Yang, WANG Fang, YANG Xing-lun, <i>et al.</i> (169)
Control for MUCT Process Operation Using Nitrate Concentration in the Secondary Anoxic Zone	WANG Xiao-ling, YIN Jun, GAO Shang (175)
Modeling Formation of Aerobic Granule and Influence of Hydrodynamic Shear Forces on Granule Diameter	DONG Feng, ZHANG Han-min, YANG Feng-lin (181)
Effect of Different Sludge Retention Time (SRT) on Municipal Sewage Sludge Bioleaching Continuous Plug Flow Reaction System	LIU Fen-wu, ZHOU Li-xiang, ZHOU Jun, <i>et al.</i> (191)
Biological Phosphorus Removal in Intermittent Aerated Biological Filter	ZENG Long-yun, YANG Chun-ping, GUO Jun-yuan, <i>et al.</i> (197)
Methane Production by Anaerobic Co-digestion of Chicken Manure and <i>Spartina alterniflora</i> Residue After Producing Methane	CHEN Guang-yin, CHANG Zhi-zhou, YE Xiao-mei, <i>et al.</i> (203)
Uncertainty Analysis for Evaluating Methane Emissions from Municipal Solid Waste Landfill in Beijing	CHEN Cao-cao, LIU Chun-lan, LI Zheng, <i>et al.</i> (208)
Electricity Generation of Surplus Sludge Microbial Fuel Cells Enhanced by Additional Enzyme	YANG Hui, LIU Zhi-hua, LI Xiao-ming, <i>et al.</i> (216)
Construction of Electrochemiluminescence System for Harmful Algae Detection	ZHU Xia, ZHEN Yu, MI Tie-zhu, <i>et al.</i> (222)
Mechanism of the Inhibitory Action of Allelochemical Dibutyl Phthalate on Algae <i>Gymnodinium breve</i>	BIE Cong-cong, LI Feng-min, WANG Yi-fei, <i>et al.</i> (228)
Toxic Effects of Nano-TiO ₂ on <i>Gymnodinium breve</i>	LI Feng-min, ZHAO Wei, LI Yuan-yuan, <i>et al.</i> (233)
Spatial Distribution of Three Endocrine Disrupting Chemicals in Sediments of the Suzhou Creek and Their Environmental Risks	LI Yang, HU Xue-feng, OH Kokyo, <i>et al.</i> (239)
Level, Distribution, and Source Identification of Polychlorinated Naphthalenes in Surface Agricultural Soils from an Electronic Waste Recycling Area	WANG Xue-tong, JIA Jin-pan, LI Yuan-cheng, <i>et al.</i> (247)
Heavy Metal Pollution in Street Dusts from Different Functional Zones of Luoyang City and Its Potential Ecological Risk	LIU De-hong, WANG Fa-yuan, ZHOU Wen-li, <i>et al.</i> (253)
Soil Contamination and Assessment of Heavy Metals of Xiangjiang River Basin	LIU Chun-zao, HUANG Yi-zong, LEI Ming, <i>et al.</i> (260)
Characteristics of Heavy Metals in Soil Profile and Pore Water Around Hechi Antimony-Lead Smelter, Guangxi, China	XIANG Meng, ZHANG Guo-ping, LI Ling, <i>et al.</i> (266)
Speciation Transformation and Behavior of Arsenic in Soils Under Anoxic Conditions	WU Xi, XU Li-ying, ZHANG Xue-xia, <i>et al.</i> (273)
Remediation of Chromium(VI) Contaminated Soils Using Permeable Reactive Composite Electrodes Technology	FU Rong-bing, LIU Fang, MA Jin, <i>et al.</i> (280)
Determination and Characterization on the Capacity of Humic Acid for the Reduction of Divalent Mercury	JIANG Tao, WEI Shi-qiang, LI Xue-mei, <i>et al.</i> (286)
Effect of Zn (II) on Microbial Activity in Anaerobic Acid Mine Drainage Treatment System with Biomass as Carbon Source	LI Shao-jie, CHEN Tian-hu, ZHOU Yue-fei, <i>et al.</i> (293)
Diversity of Culturable Butane-oxidizing Bacteria in Oil and Gas Field Soil	ZHANG Ying, LI Bao-zhen, YANG Jin-shui, <i>et al.</i> (299)
Microbial Community Structure Analysis of Unexploited Oil and Gas Fields by PCR-DGGE	MAN Peng, QI Hong-yan, HU Qing, <i>et al.</i> (305)
Community Diversity of Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Rhizosphere of Eight Plants in Liudaogou Watershed on the Loess Plateau China	FENG Ye, TANG Ming, CHEN Hui, <i>et al.</i> (314)
Dynamics of Degradation of Oxytetracycline of Pig and Chicken Manures in Soil and Mechanism Investigation	ZHANG Jian, GUAN Lian-zhu, YAN Li (323)
Influence of Impurities on Waste Plastics Pyrolysis: Products and Emissions	ZHAO Lei, WANG Zhong-hui, CHEN De-zhen, <i>et al.</i> (329)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年1月15日 33卷 第1期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 1 Jan. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市 2871 信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行人