

doi: 10.3788/gzxb20124107.0812

# 合肥上空大气二氧化碳 Raman 激光雷达探测研究

于海利<sup>1,2</sup>, 胡顺星<sup>1</sup>, 苑克娥<sup>1</sup>, 吴晓庆<sup>1</sup>, 曹开法<sup>1,2</sup>,  
孟祥谦<sup>1,2</sup>, 黄见<sup>1</sup>, 邵石生<sup>1</sup>, 徐之海<sup>1</sup>

(1 中国科学院安徽光学精密机械研究所 中国科学院大气成分与光学重点实验室, 合肥 230031)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** Raman 激光雷达是用于大气成分探测与特性研究的有效工具. 介绍了中科院安徽光学精密机械研究所自行研制的一台用于测量低对流层大气 CO<sub>2</sub> 时空分布的 Raman 激光雷达系统, 并进行了一系列观测实验和对比分析. 系统选用波长 355 nm 的紫外激光作为光源, 利用光子计数卡双通道采集大气中 N<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的 Raman 后向散射信号与 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪进行对比标定, 通过反演获得了大气 CO<sub>2</sub> 水平与垂直方向时空分布廓线, 并且获得了合肥地区大气边界层 CO<sub>2</sub> 的夜变化趋势. 结果表明, 大气 CO<sub>2</sub> 在空间的分布相对均匀, Raman 激光雷达与 CO<sub>2</sub> 分析仪变化趋势一致性较好, 能够对大气 CO<sub>2</sub> 时空分布进行有效、连续的观测.

**关键词:** 大气光学; Raman 激光雷达; 大气 CO<sub>2</sub> 体积混合比; 合肥

**中图分类号:** TN958.96

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-4213(2012)07-0812-6

## 0 引言

自工业化时代以来, 由于人类活动的加剧导致大气中 CO<sub>2</sub> 的浓度迅速上升. 作为产生温室效应的最重要的人为温室气体<sup>[1]</sup>, 由 CO<sub>2</sub> 引起的全球变暖问题日益受到人们的关注. 但目前人们对于大气中 CO<sub>2</sub> 的分布规律, 特别是对大气 CO<sub>2</sub> 在一段连续时间内一定距离尺度上的分布研究结果很少<sup>[2]</sup>. 因此准确地测量大气 CO<sub>2</sub> 体积混合比的时空分布对于研究 CO<sub>2</sub> 的排放策略、量化 CO<sub>2</sub> 对气候变化的影响以及进一步加深对全球碳循环中源与汇的认识意义重大.

激光雷达作为一种主动遥感技术, 具有很高的时间与空间分辨率, 已经成为大气成分特性研究、环境监测的有效手段<sup>[3-4]</sup>. 利用激光雷达探测大气 CO<sub>2</sub> 时空分布主要有差分吸收激光雷达 (Differential Absorption Lidar, DIAL) 与 Raman 散射激光雷达. DIAL 对激光发射波长要求苛刻, 虽然准确度较高, 但是结构复杂且造价昂贵. Raman 激光雷达利用大气分子的受激 Raman 散射效应来检测大气成分的分布规律, 结构相对简单, 设备经济性较好, 是

大气成分探测与特性研究的有效工具<sup>[5]</sup>. 美国 NASA 的 Whiteman 博士最早在 2004 年开展了 Raman 激光雷达探测大气二氧化碳的实验研究, 获得了初步的实验结果<sup>[6-7]</sup>. 目前, 国内只有中科院安徽光机所开展了 Raman 激光雷达探测大气 CO<sub>2</sub> 的相关实验研究<sup>[8-10]</sup>, 并于 2010 年 12 月研制成功我国首台具有自主知识产权的测量低对流层大气 CO<sub>2</sub> 时空分布的 Raman 激光雷达系统 ARL-1 (Atmospheric Raman Lidar-1, ARL-1). 本文介绍了 ARL-1 Raman 激光雷达系统以及探测大气 CO<sub>2</sub> 的基本原理, 利用该激光雷达对合肥西郊大气 CO<sub>2</sub> 时空分布进行了连续观测, 同时利用 Li-7500 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪同步观测, 进行对比分析, 给出了具体的测量对比结果以及大气 CO<sub>2</sub> 连续观测的时空变化, 并获得了合肥地区大气 CO<sub>2</sub> 时空分布的夜变化趋势.

## 1 Raman 激光雷达系统及参量

ARL-1 Raman 激光雷达系统结构框图如图 1. 发射单元采用法国 Quantel 公司的 Brilliant B 型 Nd:YAG 激光器输出基频 1 064 nm 的激光, 经国

**基金项目:** 科技部基础性工作专项 (No. 2007FY110700)、中科院知识创新方向性项目 (No. KJCX2-EW-N07) 和国家自然科学基金项目 (No. 41005015) 资助

**第一作者:** 于海利 (1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为激光雷达探测技术研究. Email: yhlcas@yahoo.com.cn

**责任作者/导师 (通讯作者):** 胡顺星 (1966-), 男, 研究员, 博导, 主要研究方向为各种激光雷达大气探测方法和技术, 以及利用激光雷达对大气成分参量的长期观测等. Email: sxhu@aiofm.ac.cn

**收稿日期:** 2012-02-17; **修回日期:** 2012-04-23

产 BBO 三倍频晶体产生 355 nm 紫外光作为光源,光束经过两个镀有 355 nm 高反铝膜的 45° 反射镜  $M_1$ 、 $M_2$  后实现光路转向,再经扩束镜进行光束整形,最后经 45° 全反镜和三维空间扫描系统发射到大气中.设计的三维空间扫描系统<sup>[11]</sup>如图 2,扫描头转向由步进电机控制,可以实现俯仰范围内 0~180°,水平方位内 0~360° 的转动,因此 ARL-1 Raman 激光雷达可以实现对大气  $CO_2$  水平方向、斜程方向与垂直方向不同尺度范围内的探测.

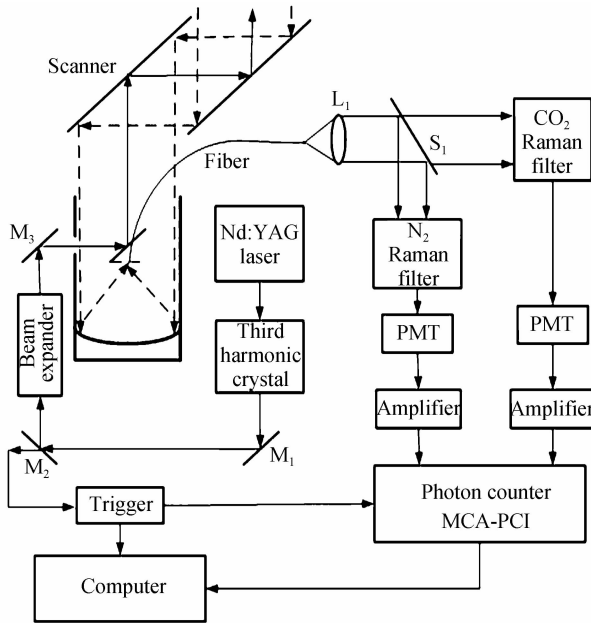
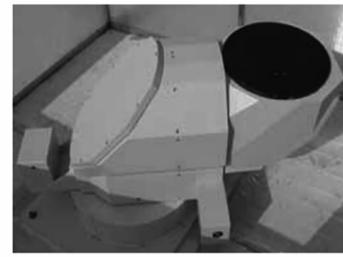
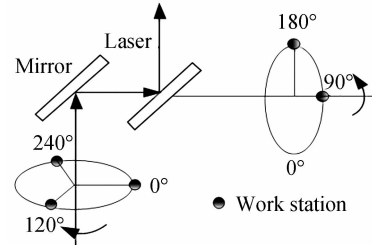


图 1 二氧化碳 Raman 激光雷达结构  
Fig. 1 ARL-1 Raman lidar system diagram for  $CO_2$  measurements



(a) The picture of 3D scanner



(b) The structure diagram of 3D scanner

图 2 激光雷达三维系统

Fig. 2 The 3D scanner of Raman lidar system

激光与大气分子作用后,产生的后向散射回波信号经望远镜接收汇聚,再经光纤耦合传输到后继光学接收单元,后向散射光信号先经准直器使信号光束变成平行光束,然后再将回波光信号进行分束,由高性能窄带滤光片对天空背景信号以及噪音信号进行剔除,实现相应 Raman 信号的提取.然后输出到光电倍增管进行光电转换,输出的电信号经高速运算放大器进行增益放大,分别进入高精度光子计数卡  $CO_2$  和  $N_2$  通道进行双通道信号采集.该雷达采用双通道同步采集  $N_2$  和  $CO_2$  Raman 回波信号的工作方式,提高了测量的实时性能,有利于提高

表 1 Raman 激光雷达系统的各组件的技术参数

Table 1 Main specifications of ARL-1 Raman lidar system

Unit	Specification	
Laser transmitter	Laser type	Quantel Brilliant B Nd : YAG
	Wavelength	354.7 nm
	Pulse repetition	20 Hz
	Pulse energy/energy fluctuation	50 mJ/±3%
Scanner	Beam divergence/pulse width	0.5 mrad/4 ns
	Efficiency diameter	300 mm
Telescope	Scanning spatial range	0~360°(horizontal)×0~180°(vertical)
	Telescope type/diameter	Newtonian/300 mm
$CO_2$ Raman filter	Focus length/field of view	1000 mm/0.15 mrad
	Aperture/central-wavelength	25.4 mm/371.68 nm
$N_2$ Raman filter	Band width/Transmission	0.5 nm/>60%
	Aperture/central-wavelength	25.4 mm/386.66 nm
Signal acquisition	Band width/Transmission	1.0 nm/>60%
	PMT type/quantum efficiency	9214QB/25%
	Photon counter	MCA-3 P7882
	Preamplifier	Phillips 6954
	Computer	Main frequency 2.5 GHz

测量准确度. 通过设置光子计数卡的采样频率以及电子放大系统的响应时间, 实现激光雷达的空间分辨率为 30 m. Raman 激光雷达的控制组件主要包括: 激光器制冷器、同步信号触发器、时序控制器、配套光电倍增管的制冷器和高压电源、光子计数卡的控制软件及控制计算机等, 系统各部分组件参量如表 1.

## 2 激光雷达数据反演方法

Raman 散射激光雷达对距离  $z$  处的大气  $\text{CO}_2$  分子进行探测, 回波散射信号满足激光雷达方程, 其表达式为<sup>[12]</sup>

$$P_{\text{CO}_2}(z) = \frac{k_C}{z^2} \beta_C(\pi) n_C(z) T_C(z_0, z) \quad (1)$$

式中,  $P_{\text{CO}_2}(z)$  为高度  $z$  处  $\text{CO}_2$  气体分子的 Raman 后向散射回波信号;  $k_C$  为 Raman 激光雷达中的仪器常量;  $\beta_C(\pi)$  为  $\text{CO}_2$  分子的 Raman 后向散射微分截面, 单位为  $\text{cm}^2/\text{sr}$ ;  $n_C(z)$  为高度  $z$  处大气  $\text{CO}_2$  气体分子的数密度, 单位为  $\text{cm}^{-3}$ ;  $z_0$  为 Raman 激光雷达所在的高度;  $T_C(z_0, z) = \exp\{-\int_{z_0}^z [\alpha(z', \lambda) + \alpha(z', \lambda_C)] dz'\}$  称为激光雷达的双程透过率之差.  $\alpha(z', \lambda)$  与  $\alpha(z', \lambda_C)$  分别表示激光波长为  $\lambda$  时的大气分子消光系数与  $\text{CO}_2$  分子 Raman 散射波长为  $\lambda_C$  时的大气分子消光系数, 单位为  $\text{km}^{-1}$ .

在激光雷达方程中大气  $\text{CO}_2$  气体分子的浓度以分子数密度表示, 除此之外也常以体积比浓度表示, 即在一定的大气温压条件下, 单位体积空气中待测气体所占体积的比例, 即

$$\omega(z) = \frac{n_C(z)}{n_{\text{dry}}(z)} \quad (2)$$

在激光雷达系统双通道采集  $\text{N}_2$  与  $\text{CO}_2$  回波信号时, 一般假定大气中  $\text{N}_2$  的含量恒定, 用来代替干空气的分子数密度, 同时  $\text{N}_2$  的散射回波信号也满足激光雷达方程, 即

$$P_{\text{N}_2}(z) = \frac{k_N}{z^2} \beta_N(\pi) n_N(z) T_N^2(z_0, z) \quad (3)$$

结合式(1)~(3), 大气  $\text{CO}_2$  体积混合比  $\omega(z)$  随高度  $z$  的分布可表示为

$$\omega(z) = \frac{n_C(z) n_N(z)}{n_N(z) n_{\text{dry}}(z)} = C_w \Delta P(z) \Delta T(z_0, z) \quad (4)$$

式中,  $C_w = \frac{k_N \beta_N(\pi) n_N(z)}{k_C \beta_C(\pi) n_{\text{dry}}(z)}$ , 称为 Raman 激光雷达探测  $\text{CO}_2$  混合比的系统标定常量;  $\Delta P(z) = P_{\text{CO}_2}(z)/P_{\text{N}_2}(z)$  称为两通道  $\text{CO}_2$  与  $\text{N}_2$  回波光子数的比值;  $\Delta T(z_0, z) = T_N(z_0, z)/T_C(z_0, z)$ , 称为大气透过率修正函数, 因 Raman 散射波长  $\lambda_C$  与  $\lambda_N$  相

差不大, 在 Raman 激光雷达对大气成分进行探测时常忽略透过率修正函数  $\Delta T(z_0, z)$  对散射回波信号的影响<sup>[13]</sup>.

由式(4)可以看出, 只要获得系统标定常量  $C_w$ , 计算出 Raman 激光雷达测量的  $\text{CO}_2$  和氮气 Raman 后向散射信号的比值就可以得到大气  $\text{CO}_2$  体积混合比  $\omega(z)$  的时空分布廓线. 对于  $C_w$ , 因  $\text{CO}_2$  与  $\text{N}_2$  分子的后向散射微分截面  $\beta_C(\pi)$  与  $\beta_N(\pi)$  难以准确确定, 并且激光雷达系统的仪器常量受到仪器测量准确度、元器件透过率以及环境温度等诸多因素的影响, 故在实际操作中常常采用与其他仪器对比然后确定其值. 实验过程中采用与激光雷达同一地点处 30 m 高气象塔上的 Li-7500 型  $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$  分析仪<sup>[14]</sup>与 Raman 激光雷达测得的  $\Delta P(z)$  的值进行对比标定. 采集一组数据, 设置 Raman 激光雷达的发射频率为 20 Hz, 发射激光脉冲 20 000 个, 积分时间约 17 min, 同时 Li-7500 型  $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$  分析仪进行同步观测, 取其观测结果在 17 min 内的平均值与 Raman 激光雷达测得的 30 m 高度处的  $\Delta P(z)$  进行对比, 同时采用最小二乘法进行线性拟合实现系统常量的标定. 如图 3 给出了 2010 年 12 月 5 日晚上 Raman 激光雷达与分析仪标定前后的对比结果. 由

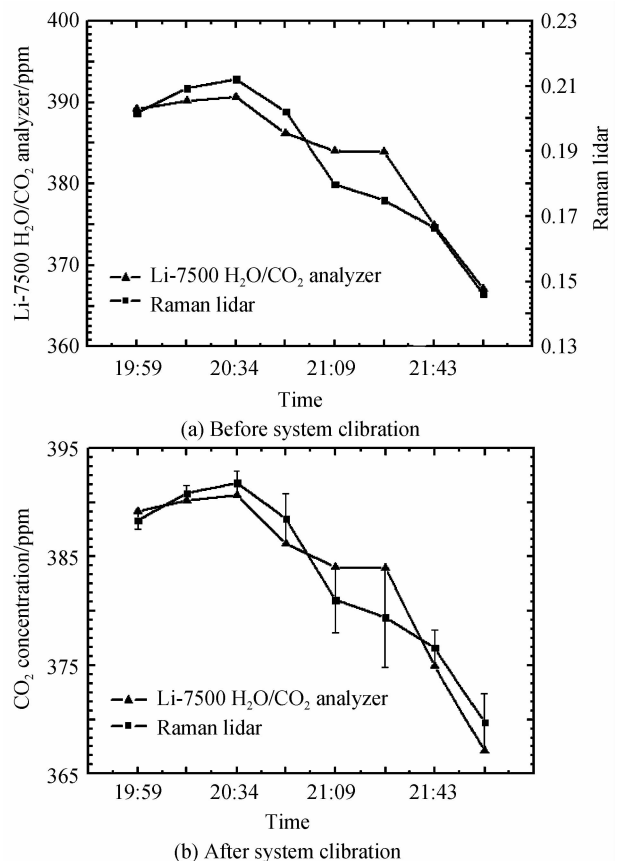


图 3 Raman 激光雷达与分析仪标定前后的对比结果  
Fig. 3 Raman lidar contrast with the Li-7500  $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$  analyzer

图 3(a)可见,Raman 激光雷达所测得的 CO<sub>2</sub> 与 N<sub>2</sub> 回波信号比  $\Delta P(z)$  与 CO<sub>2</sub> 分析仪的数据变化趋势具有较好的一致性,这表明 Raman 激光雷达具有很高的探测灵敏度与准确性.图 3(b)显示了 Raman 激光雷达系统标定后与 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪的偏差,其平均偏差为 2.10 ppm,平均偏差率为 0.5%,这表明 Raman 激光雷达的定标可靠,探测结果准确度较高,同时也表明 Raman 激光雷达的测量结果可以准确表征一段连续时间大气 CO<sub>2</sub> 的变化趋势.

### 3 大气边界层水平与垂直方向大气 CO<sub>2</sub> 观测结果与分析

由于大气 CO<sub>2</sub> 的 Raman 后向散射信号非常微弱,为获得大气 CO<sub>2</sub> 时空分布的廓线,需要保证探测准确度以获取有效信号,测量中需要进行长时间的积分,如图 4 给出了 Raman 激光雷达对水平方向与垂直方向大气 CO<sub>2</sub> 进行测量时信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)随探测距离的分布,其中距离分辨率为 30 m,连续观测累积脉冲为 160 000,积分时间约为 135 min.从图中可以看出,N<sub>2</sub> 的回波信号要强于 CO<sub>2</sub>,信噪比更高.在一段连续探测时间段内,为保证激光雷达探测不确定度小于 10%,CO<sub>2</sub> 与

N<sub>2</sub> 的回波信号信噪比 SNR 均要大于 10,因此两次实验中 Raman 激光雷达的最大有效探测距离,水平方向约为 1.2 km,垂直方向约为 2.0 km.

对 Raman 激光雷达测得的回波信号进行扣背景、信号滤波及系统标定后,就可以反演出大气 CO<sub>2</sub> 的时空分布廓线.如图 5 给出了利用 Raman 激光雷达在 2010 年 12 月 5 日与 7 日晚上一段连续时间内对大气 CO<sub>2</sub> 在水平方向与垂直方向分布廓线的测量结果.从图(a)可以看出 CO<sub>2</sub> 的水平分布整体相对均匀,平均浓度为 380.37 ppm,但出现了一定的波动,平均在 8.29 ppm.这一观测结果可能与该天夜晚的天气条件和下垫面有关,图 3 中与 CO<sub>2</sub> 分析仪的对比也显示了这种明显的波动变化趋势.由图 3(b)可见,大气 CO<sub>2</sub> 在垂直方向的分布廓线除底层 500 m 范围内有随高度增加浓度减小的趋势外,在整个距离尺度上的分布相对稳定,保持在 350~360 ppm之间.造成近地面与高层处 CO<sub>2</sub> 浓度明显不同的这种变化,可能是由于当天夜晚风速较小,而土壤、植被等释放出的 CO<sub>2</sub> 停留在近地面,无法扩散到上层高度造成的<sup>[15]</sup>.综合图 5(a)和(b),大气 CO<sub>2</sub> 在空间的分布相对均匀,Raman 激光雷达可以实现对大气 CO<sub>2</sub> 时空分布的连续观测,探测结果稳

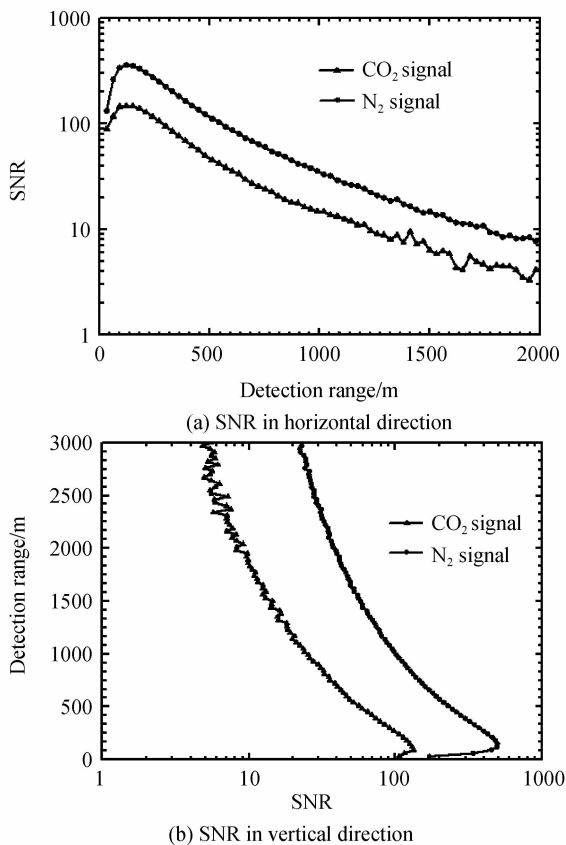


图 4 Raman 激光雷达探测大气 CO<sub>2</sub> 分布的信噪比  
Fig. 4 The SNR detected by Raman lidar

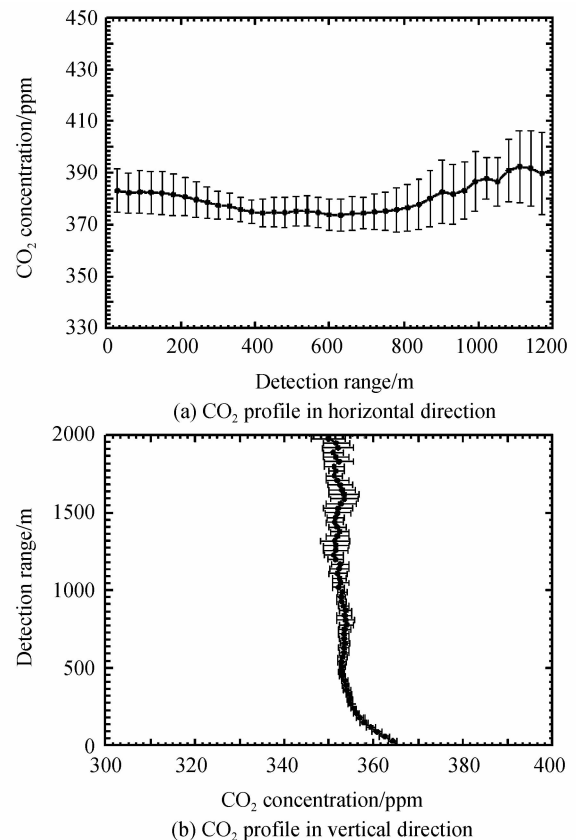


图 5 大气 CO<sub>2</sub> 水平方向与垂直方向的分布廓线  
Fig. 5 The atmospheric CO<sub>2</sub> profiles detected by Raman lidar in horizontal and vertical direction

定可靠,可以用于常规定量研究.

对大气 CO<sub>2</sub> 在整个(昼)夜范围内的变化趋势观测有利于分析大气 CO<sub>2</sub> 的动态变化特征. 图 6 给出了利用 ARL-1 Raman 激光雷达在 2011 年 12 月 10 日 20:55~11 日 04:48 整个夜晚大气 CO<sub>2</sub> 分布廓线的变化趋势,以及与 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪进行对比的结果,其中时间分辨率为 34 min. 由图 6(a)变化廓线可见,900 m 以下整个夜晚约 8 h 的时间内大气 CO<sub>2</sub> 在垂直方向上的分布非常均匀,波动变化非常小,Raman 激光雷达准确地探测到了大气 CO<sub>2</sub> 含量的这种微小变化. 将 Raman 激光雷达测得的近地面 30 m 处的 CO<sub>2</sub> 体积混合比浓度与 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪的观测结果进行对比也反映了这种变化特征. 由图(b)可见,在整个夜晚近 8 h 的连续测量中,两者对比的偏差均在 1 ppm 之内,这进一步表明了 Raman 激光雷达具有很高的探测灵敏度以及两者在实时监测大气 CO<sub>2</sub> 趋势变化上的一致性.

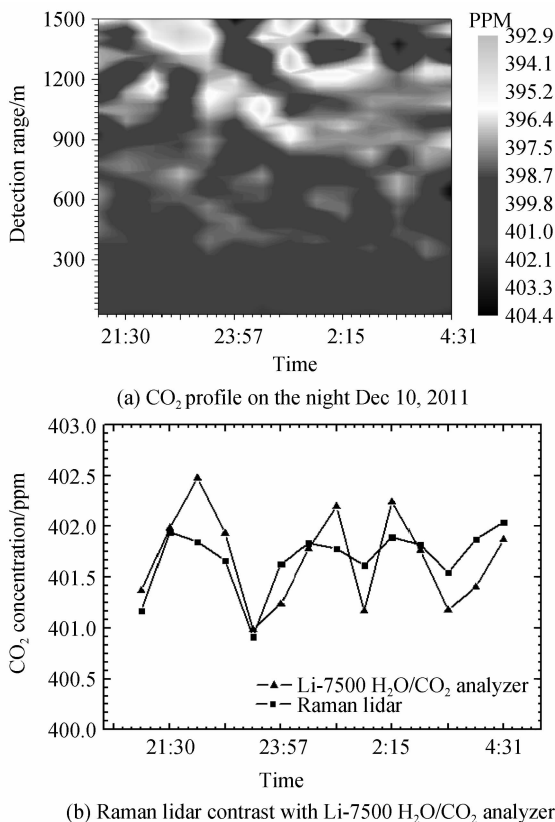


图 6 大气 CO<sub>2</sub> 夜变化趋势及与 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪的对比

Fig. 6 Atmospheric CO<sub>2</sub> concentration changing trend on the night Dec 10, 2011 and the variation of atmospheric CO<sub>2</sub> versus by Raman lidar and Li-7500 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> analyzer

## 4 结论

本文利用自行研制的 Raman 散射激光雷达系

统对合肥上空水平方向与垂直方向的大气 CO<sub>2</sub> 分布进行了连续观测,利用 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪实现 Raman 激光雷达系统的对比、标定,然后反演得到了合肥西郊大气 CO<sub>2</sub> 水平方向与垂直方向的分布廓线,并且首次获得了合肥地区大气边界层整个夜晚内大气 CO<sub>2</sub> 的时空变化特性. 结果表明,大气 CO<sub>2</sub> 在空间的分布相对均匀,Raman 激光雷达测得的近地面 30 m 处的大气 CO<sub>2</sub> 变化趋势与 Li-7500 型 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 分析仪数据变化趋势一致性较好,Raman 激光雷达可以用于常规定量观测研究.

## 参考文献

- [1] PACHAURI R K. Fourth Assessment Report of the intergovernmental panel on climate change[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 104.
- [2] HEAPS W S. Measurement of carbon dioxide column via space borne laser absorption[C]. *SPIE*, **6750**: 1-9.
- [3] TONG Yan-chao, LIU Wen-qing, ZHAO Nan-jing, *et al.* Observation and research on the typical atmosphere of beijing olympic game by raman lidar[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2010, **39**(2): 280-283.  
佟彦超, 刘文清, 赵南京, 等. 北京奥运前期典型天气喇曼激光雷达观测研究[J]. *光子学报*, 2010, **39**(2): 280-283.
- [4] ZHANG Jin-ye, GONG Wei, HUANG Chu-yun, *et al.* Measurements of aerosol optical properties by raman lidar[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2010, **39**(7): 1340-1344.  
张金业, 龚威, 黄楚云, 等. Raman 激光雷达探测气溶胶光学特性[J]. *光子学报*, 2010, **39**(7): 1340-1344.
- [5] MAO Jian-dong, HUA Deng-xin, HE Ting-yao. A compact mie scattering lidar and its observation[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2010, **39**(2): 284-288.  
毛建东, 华灯鑫, 何廷尧. 小型米散射激光雷达的研制及其探测[J]. *光子学报*, 2010, **39**(2): 284-288.
- [6] WHITEMAN D N. Atmospheric CO<sub>2</sub> profiling using Raman lidar[R]. DDF Annum Report(NASA), FY2004.
- [7] WHITEMAN D N, VESELOVSKII I, CADIROLA M, *et al.* Demonstration measurements of water vapor, cirrus clouds, and carbon dioxide using a high-performance raman lidar[J]. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2007, **24**: 1377-1387.
- [8] ZHAO Pei-tao, ZHANG Yin-chao, WANG Lian, *et al.* Measurement of tropospheric CO<sub>2</sub> and aerosol extinction profile with Raman lidar[J]. *Chinese Optics Letters*, 2008, **6**(3): 157-160.
- [9] ZHAO Pei-tao, ZHANG Yin-chao, WANG Lian, *et al.* Capacity of Raman lidar for monitoring the variation of atmospheric CO<sub>2</sub> profile[J]. *Chinese Physics B*, 2008, **17**(1): 335-341.
- [10] HU Shun-xing, ZHAO Pei-tao, WANG Shao-lin, *et al.* ARL-1 Raman lidar system for atmospheric CO<sub>2</sub> measurements [J]. *Journal of Atmospheric and Environmental Optics*, 2009, **4**(6):401-405.  
胡顺星, 赵培涛, 汪少林, 等. ARL-1 Raman 激光雷达系统探测大气二氧化碳[J]. *大气与环境光学学报*, 2009, **4**(6): 401-405.
- [11] ZHAO Pei-tao. Measurement of carbon dioxide and water vapor mixing ratio profiles in lower troposphere by Raman lidar[D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2008.  
赵培涛. 对流层底部二氧化碳和水汽拉曼激光雷达探测[D].

- 北京:中国科学院研究生院,2008.
- [12] 孙景群. 激光大气探测[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [13] WEITKAMP C. Lidar: range-resolved optical remote sensing of the atmosphere[M]. Springer, 2004.
- [14] WU Xiao-qing, LIN Xiao-qing, ZHU Xing-ting, *et al.* Statistica analysis of radiation flux and CO<sub>2</sub> at estimation of turbulent flux of turbulent flux using dissipation methods[J]. *Journal of Atmospheric and Environmental Optics*, 2011, **6** (1): 67-74.
- [15] KOCH G J, BEYON J Y, GIBERT F, *et al.* Side-line tunable laser transmitter for differential absorption lidar measurements of CO<sub>2</sub>: design and application to atmospheric measurements[J]. *Applied Optics*, 2008, **47**(7): 944-956.

## Observations of Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration Profiles over Hefei Area with Raman Lidar

YU Hai-li<sup>1,2</sup>, HU Shun-xing<sup>1</sup>, YUAN Ke-e<sup>1</sup>, WU Xiao-qing<sup>1</sup>, CAO Kai-fa<sup>1,2</sup>,  
MENG Xiang-qian<sup>1,2</sup>, HUANG Jian<sup>1</sup>, SHAO Shi-sheng<sup>1</sup>, XU Zhi-hai<sup>1</sup>

(1 *Key Laboratory of Atmospheric Composition and Optical Radiation, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China*)

(2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

**Abstract:** Raman lidar is used as an effective tool for detection of the atmospheric compositions and characteristics. A complicated Raman lidar system was developed by Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics of Chinese Academy of Sciences for measuring the low-tropospheric temporal and spatial distribution of CO<sub>2</sub> in the atmosphere. And a series of observations and comparative analysis were performed. A wavelength of 355 nm UV laser was applied as the light resource in this system and the N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Raman backscattering signals were acquired by a dual-channel photon-counting card. Li-7500 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> analyzer was employed to compare with the detection results to make system calibration and then to retrieve the atmospheric CO<sub>2</sub> volume mixing ratio in the horizontal and vertical direction. And the spatial temporal variation of a whole night atmospheric boundary layer CO<sub>2</sub> profile was measured at Hefei area. The observations have a good agreement in the trend of change with the Li-7500 H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> analyzer. The results show that atmospheric CO<sub>2</sub> has relatively homogeneous concentration and the Raman lidar is capable of continuous measuring efficiently the temporal and spatial distribution of CO<sub>2</sub> in the atmosphere.

**Key words:** Atmospheric optics; Raman lidar; CO<sub>2</sub> mixing ratio profile; Hefei