

香港空气污染成份的激光光声检测

施柏焯

(浙江大学光科系, 杭州 310027)

萧季驹 赵丹心

(香港城市理工学院应科系)

Monitoring of pollutant components in air of Hong Kong by laser photoacoustic spectroscopy

Shi Baixuan

(Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Siu Gueigu, Dan D. S. Chiu

(City Polytechnic of Hong Kong)

Abstract The detection of pollutant components in air of Hong Kong by photoacoustic spectroscopy is described. The detection results show that some toxic components exhausted by automobiles : formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, ethylene, propene and cycloheptatriene etc. are the major pollutant components of street air there.

Key words air pollutions

我们建立了一套激光光声光谱检测装置,以可调谐 CO 激光器作为光源,成功地检测出香港几个典型交通道口空气中的若干污染气体成份:甲醛、乙醛、丙烯醛、乙烯、丙烯、甲苯等有毒气体。

1 检测装置和技术

检测装置的光学布置如图 1 所示。由可调谐 CO 激光器输出的激光束(5.19 μm 至 5.86 μm 共 55 个波长的单色光)。经分束器 *S* 分为两路,一路入射到激光功率计,检测其输出功率作光强规一化之用,另一路经切光器切光使光强以频率 313 Hz 方波调制经聚焦镜进入光声池。光声池内微音器接收的信号由 M5600 型锁相放大器检测,同时可在示波器荧屏上实时观察。图中双箭头表示的可移动全反射镜可以按需要的位置在导轨上移动参入光路以作 CO 激光器的输出监视和谱线波长分析之用。图中的 He-Ne 激光器用于确保光声池在光路中的正确定位。本研究设计的光声池具有优良的性能,其结构可拆卸和重装,便于清洗,在波长 5.29 μm 处检测乙烯的灵敏度为 21.8 $\mu\text{V}/\text{mW}, \text{ppm}$ 。由于水气对 CO 激光器发射的各支红外激光辐射都有强烈的吸收,香港的空气湿度特别高(测试期间相对湿度达 92~97%),所以空气中痕量污染成份的光声光谱信号几乎完全被水份吸收产生的光声信号抑制,我们曾以以下几点有效的

* 本研究在香港城市管理学院进行,由香港科技研究基金资助。

技术措施排除水份信号的干扰：(1) 先把抽样空气注入盛有氢氧化钠的脱水容器内停留 24 h, 依靠氢氧化钠强烈的潮解特性除去抽样空气中的水份；(2) 把抽样来的新鲜空气分为两份, 把其中一份经氢氧化钠脱水干燥, 测得各自的光声光谱, 再把两份的光谱经差分处理获得空气中纯水份的光声光谱, 用来校正抽样空气光声光谱中由水份吸收引起的信号量；(3) 比较取样和数据差分处理相结合, 把同一地段交通繁忙叉口抽样空气的光声光谱和附近公园内(或山顶上)新鲜空气的光声光谱相比较, 并作计算机数据差分处理。消除水份的干扰, 突出痕量污染成份的光谱峰值。

测量中发现光声池的池壁表面、窗片表面和微音器表面所吸附的水分子对 CO 激光的吸收产生的光声信号也会抑制痕量污染成份的光声信号, 所以消除这些吸附水分子也非常重要。为此, 在连续抽空光声池 12 h 后不断充入干燥氮气冲刷, 最后使之成为无水分子吸附的真空状态, 这时可充入待测的样品气体。

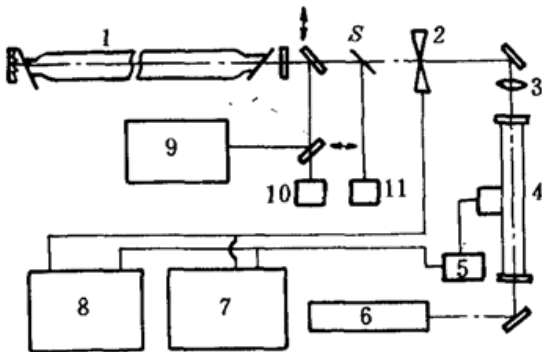


Fig. 1 Schematic diagram of PA set-up for detecting air pollutants

1—CO laser; 2—chopper; 3—condenser; 4—PA cell; 5—pre.; 6—He-Ne laser; 7—lock-in amp.; 8—oscilloscope; 9—spectra analyser; 10, 11—power meter

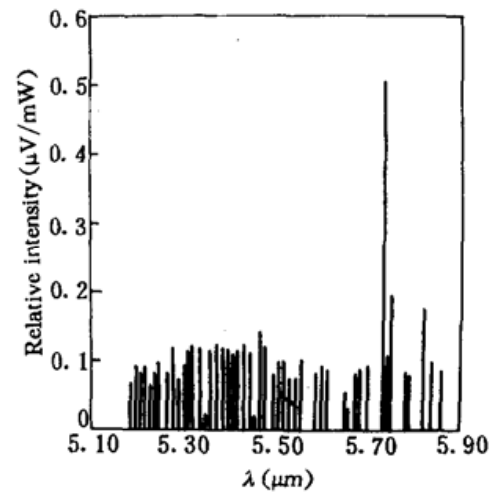


Fig. 2 PA spectra of air in Biology-Chemistry Lab., City Polytechnic of Hong Kong

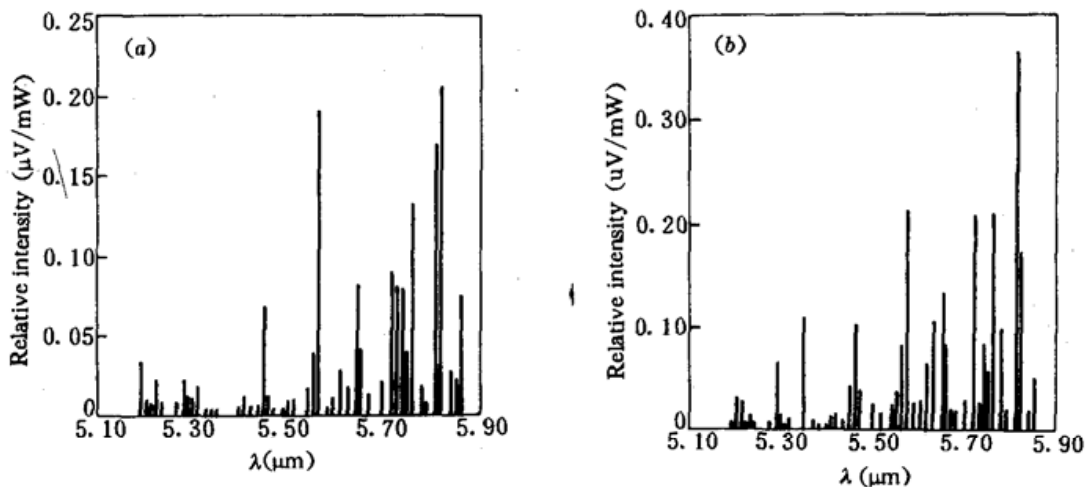


Fig. 3 PA spectra of air in crossroads with heavy traffic, Hong Kong

(a) Sample air taken from the north side of crossing of Nathan road and Jordan road, Kowloon

(b) Sample air taken from the doorway of Kowloontong rail way station, Kowloon

2 测试结果

图 2 是香港城市理工学院生化实验室空气的光声光谱。对照 Sadtler 1972 标准红外谱图集,初步鉴定三个峰是苯(在 $5.47 \mu\text{m}$ 处)、乙醛(在 $5.73 \mu\text{m}$ 处)和甲醛(在 $5.82 \mu\text{m}$ 处)的吸收峰。这些污染物显然是该实验室常用生物麻醉剂后产生的残留量。图 3 是九龙交通繁忙地段空气的光声光谱。

观察图 3 (a)、(b) 可知,痕量成份的峰值位置基本相同,只是相对含量有区别。对照 Sadtler 1972 标准谱图集也可识别其存在的成份有甲苯(在 $5.8 \mu\text{m}$ 处)、丙烯醛(在 $5.46 \mu\text{m}$ 处)、甲醛(在 $5.81 \mu\text{m}$ 处)、乙醛(在 $5.63 \mu\text{m}$ 处)、丙烯(在 $5.57 \mu\text{m}$ 处)、乙烯(在 $5.29 \mu\text{m}$ 处)等。这些成份都是汽车排放中的成份^[1]。抽样时,弥敦道佐敦道口的汽车流量是 85 辆/分,而九龙塘火车站口则为 50 辆/分,但前者之汽车都处在流动状态,而后者呈阻塞流动状态,汽车发动机多处于点火发动阶段,因此相对排污成份要多些,也即

测到的信号幅值会大一些,图 4 是狮子山隧道内抽样空气的光声光谱,初步分析可见峰值位置表征其有毒的痕量成份和图 2、图 3 呈现的一样。因为隧道内的废气不易排走,所以污染成份的相对量比一般交通道口更多,其光声信号幅值也更大一些。

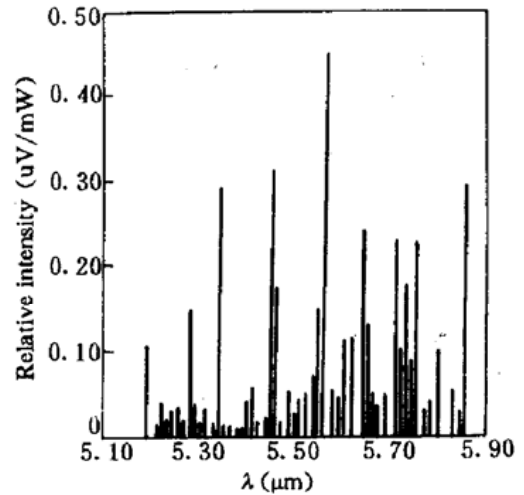


Fig. 4 PA spectra of air in Lion Rock Tunnel

参 考 文 献

- 1 M. W. Sigrist, Photoacoustic photothermal phenomena, P. Hess *et al.* (Eds), Springer Series in Optical Science, 58, J. M. Enoch *et al.*, (Eds), Springer-Verlag Berlin, 115~121(1987)

(收到稿日期: 1992年5月4日; 收修改稿日期: 1992年10月30日)