

遥感 FTIR 在大气环境监测中的新发展

胡兰萍^{1, 2}, 李燕^{1*}, 张琳¹, 张黎明¹, 王俊德¹

1 南京理工大学现代光谱研究室, 江苏 南京 210014

2 南通大学化学化工学院分析化学实验室, 江苏 南通 226006

摘要 遥感傅里叶变换红外光谱(RS-FTIR)是当前大气环境监测中的一种重要手段,它具有灵敏度高,选择性好,不需取样和样品的预处理,能够同时监测多种化合物,能提供远距离实时自动监测的优点,适用于大气有毒易挥发有机化合物(VOCs)的定性、定量测定和遥感实时动态监测。文章综述了南京理工大学现代光谱研究室近几年来在RS-FTIR大气环境监测领域的研究进展,包括化学计量学,计算机层析(CT),FTIR谱图解析,大气污染物空间浓度分布监测,被动式遥感监测等方面的最新研究成果。这些研究成果充分表明,遥感FTIR技术的快速发展和应用,促进了分析化学在时空上的延伸,在大气环境监测领域中必将有更广泛的应用前景。

主题词 遥感傅里叶变换红外光谱; 大气污染物; 化学计量学; 计算机层析; 浓度分布
中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2006)10-1863-05

引言

随着经济和社会的发展,大气污染越来越严重,特别是挥发性有机物(VOCs)的污染,严重破坏了动植物赖以生存的环境,对人类健康有极大危害,它们的监测和治理引起了世界各国政府的高度重视^[1]。遥感傅里叶变换红外光谱技术(RS-FTIR)由于具有分辨率和灵敏度高,能够同时进行多组分测定,不需预先知道待测对象,不需取样和样品的预处理,能够进行全天候、连续、实时、自动监测等特点,被认为是最有潜力的技术^[2-5]。

近年来,南京理工大学现代光谱研究室采用遥感RS-FTIR结合化学计量学、计算机层析(CT)等方法,对大气中的有毒VOCs进行了遥感、实时、多组分同时测定,并研究了污染物在时间和空间上的浓度分布。王俊德等^[6]综述了该研究室在20世纪80~90年代RS-FTIR在理论和应用上的研究进展。本文将对其近年来在此领域所做的工作作一总结。

1 化学计量学在FTIR谱图解析中的应用

近年来,化学计量学方法逐渐渗透到了化学的方方面面,它在光谱解析中的地位也越来越重要^[7-11]。本实验室建

立了包括人工神经网络(ANN)^[12],偏最小二乘法(PLS)^[13],经典最小二乘法(CLS)^[14],卡尔曼滤波法(KFM)^[14],遗传算法(GA)^[15]和小波分析(WA)^[16]等在内的若干种化学计量学数学模型,并用它们对FTIR光谱图和RS-FTIR谱图进行了定性和定量解析。

1.1 多组分定性和定量分析

李燕等^[17]用多变量校准方法:CLS,PLS,KFM和ANN,对红外谱图严重混叠的大气有机毒物1,3-丁二烯,苯,邻二甲苯,氯苯和丙烯醛进行了定量解析。结果表明,4种方法都能得到满意的结果,并且对5组分^[18]、8组分^[19]和10组分^[20]体系也能准确预测。其研究结果对复杂多组分体系提供了一种高灵敏度又能同时定量的测定方法。进一步研究表明,在网络的优化过程中,引入逼近度的概念,可以避免网络的过拟合^[21]。

在大气VOCs的定性鉴别方面,李燕等^[22]先用PLS鉴别未知干扰物质,再用ANN对多组分进行定量分析,二者相结合得到了令人满意的结果。刘丙萍等^[23]用主成分分析(PCA)和PLS法对ANN的输入信号进行了变量提取,使网络的结构大大简化,迭代时间显著缩短,预测误差明显减小,为更快更准确地解析FTIR红外光谱提供了一种有效的方法,并且该方法也促进了神经网络的发展。

遗传算法有着极好的非线性特征和求解能力,是有关谱

收稿日期: 2006-02-10, 修订日期: 2006-05-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(20175008), 中国博士后科学基金项目(2003034386)和南京理工大学青年学者基金项目(Njust200303)资助

作者简介: 胡兰萍,女,1964年生,南京理工大学化工学院博士研究生 * 通讯联系人

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

图的谱库计算机检索的一个很好的工具。刘芳等人^[15]就直接使用遗传算法对最多包含 18 个组分的大气有毒有机物的混叠谱图进行了定量解析,并对 FTIR 谱图库进行了联机检索^[24]。

多项式偏最小二乘法(PPLS)具有较好的处理非线性数据的能力,可以满足 RS-FTIR 对大气中有毒气体的实时在线监测的需要,同时 PPLS 可以用较少的潜变量对变量进行解释,显示出模型的稳健性和简单化^[25]。

小波技术也可以进行谱图的定量解析工作及判断待测物中是否含有未知组分或干扰^[16]。采用小波变换技术的另外一个优点是,对于基线漂移的谱图,可以不必进行基线修正,直接进行小波变换求解。

1.2 RS-FTIR 谱图特征信号提取和噪声处理

在 RS-FTIR 谱图解析中,噪声的处理是很重要的问题。WA 能够在一定程度上对 FTIR 光谱图进行信号的特征提取^[16],对于纯谱图的信号或信号比较突出的谱图定位准确。而且在分解过程中,能够对谱图中的噪声进行一定程度的滤除,突出有用信号。

张琳等^[26]采用一种新的数据预处理方法——正交信号校正(OSC)处理开路 FTIR 谱图中的噪声,并与归一化处理和二阶求导(SOD)预处理相比较,结果表明,OSC 在消除谱图噪声方面非常有效,并且能够使用较少的潜变量得到相同的预测效果,简化模型,提高了模型的预测能力。张琳等^[27-30]将模型传递的思想用于 RS-FTIR 数据分析,基于 PLS 算法,用 OSC 实现了 4 组气体混合物的 PLS 模型在 2 台 FTIR 光谱仪间的传递,并与直接标准化(DS)、分段直接标准化(PDS)、多元分散校正(MSC)和有限脉冲响应(FIR)的传递效果进行了比较。表明 OSC 可以用较少的潜变量建立模型,且不需要同一样品在 2 台仪器上测量,实现了利用标准红外数据对 RS-FTIR 数据的预测,是一种稳健、有效并适应于遥感分析的模型传递方法。

2 开路 FTIR 遥测大气 VOCs 的全光程积分浓度

全光程积分浓度(PIC)^[31, 32]的计算遵守 Lambert-Beer 定律,李燕等^[33, 34]选择了 EPA 所规定的 120 种大气 VOCs 中的几种最常见的物质,其中包括氯仿、二氯甲烷、丙酮、甲醇、己烷和甲苯,分别组成含有 2、3、4 和 5 组分的大气 VOCs 的模拟泄漏源,以 30 m 的长光程,对泄漏源进行遥感实时监测,记录了泄漏源气体的随时间变化的红外光谱图,并结合化学计量学方法,准确地测定了各组分在不同时刻的浓度。

黄中华等通过实验,获取了正己烷和甲苯的全光程积分浓度随时间的变化图,在扩散开始 10 min 后,这些气体在空气中的分布逐渐趋于稳定。该研究证实可以通过灰色 GM(1, 1) 预测模型对 RS-FTIR 采集的实时数据进行未来短时段预测,其预测模型具有足够高的精度,用来预测未来短时段内大气中正己烷和甲苯气体的浓度结果非常理想。

3 RS-FTIR-CT 法测定大气 VOCs 的空间浓度分布

开路傅里叶变换红外光谱(OP-FTIR)遥感测量给出的也仅仅是污染物在一定光程上的积分浓度,最多只能给出污染物在光路上的平均浓度(PAC),而对于大气环境监测来说,求得污染物在光程上以及一定测量平面上的浓度分布有更为重要的意义。

从 20 世纪 90 年代起,将 OP-FTIR 和 CT 技术结合,用于监测大气环境中的气体浓度分布引起了人们的广泛关注^[35-38],这种技术可以让人们了解气体污染物在环境中的分布及如何转移等信息,而这些信息用传统的监测方法是很难得到的。CT 是广泛应用于医学成像中的一种技术,自 20 世纪 70 年代起,该技术开始用于气体浓度的空间重构,并且发展了多种 CT 重构算法,如代数迭代法(ART)^[39],倍增代数迭代法(MART)^[40]、最大化期望值法(MLEM)^[40, 41],平滑基函数最小化法(SBFM)^[42]等。这些算法一般都与错综复杂的光路相结合,需要很多平面镜和角镜,成本较高,时间分辨率低^[43]。我们利用 RS-FTIR-CT 联用技术,对测定大范围的大气污染物空间浓度分布开展了深入细致的研究。

3.1 一维浓度分布测定

一维重构,也称为线剖面重构^[44, 45],它利用相对简单的仪器设置及转换算法,因而既适用于室内环境也适用于室外环境。李燕等^[46, 47]分别采用高斯模型和多项式模型,对污染物丙酮沿某一条光路的浓度分布作出一维的空间描述,给出了浓度的峰值位置以及浓度的最大值。他们还研究了点源排放的甲苯、己烷和丙酮在垂直空间的浓度分布情况。这对于监测大范围或工业生产中室内外污染物分布情况及污染物的预警都有重要的指导意义。

3.2 二维空间浓度分布测定

一维重构虽然能给出污染物沿某条光路的浓度分布,但在无论在工业生产废气的监测,还是在日常生活中室内外有毒气体的监测中,人们都希望得到的是污染物在某个空间范围内的分布情况。

黄中华等^[48]通过差值算法,对氯仿、丙酮和二氯甲烷的浓度进行了重构,采用了线性差值,最近差值,立方差值和 V4 差值,4 种差值算法。该法无需构造复杂的几何光路、昂贵的平面镜和反光镜,能够对大范围内的大气污染物的空间浓度给出快速准确的描述。

李燕等^[49]采用的是一种简单的计算模型,对甲醇和氯仿组成的模拟泄漏源,在准实时状态下,沿同一水平面上的不同光路分别测定了它们的积分浓度,并重构出了它们的浓度分布曲面图和等浓度图。

任翌博^[50]等采用单高斯、双高斯和三高斯 SBFM 算法,并结合发散状光路,对丙酮在测量平面上的浓度分布做了重构。实验采用了非交错的发散状光路,简化了实验光路,降低了仪器成本,双高斯二维重构模型能够得到最佳的重构结果,计算时间短,是最有效的二维重构模型。

王晓斐还开发了一种基于简单的矩阵变换和 3 次插值的

快速重构算法^[51], 采用纵横交错的网格状光路, 对丙酮在一定测量平面上的浓度分布做了重构, 并与 SBFM 算法的重构结果进行了比较。快速重构算法能在极短的时间内重构出丙酮在测量平面上的浓度分布, 很适合大范围内的污染物的实时重构和预警。

于佰华^[52]等建立了一种非负线性最小二乘重构算法 (linear least squares with non-negativity constraints, LSNC)。这种算法能明显改善二维重构浓度图的质量, 特别适用于对窄峰的重构, 与 MLEM 法相比, 这种算法具有明显的优势, 特别是在大气环境监测领域应用中, 化学物质烟羽在浓度、形状以及空间位置上总是处于不断的变化, 测量时又总是受到噪声干扰的情况下, 对于环境中探测气体的监测具有重要意义。

4 被动式 RS-FTIR 在大气环境监测中的应用

近年来, 国内外科学家在被动 FTIR 监测大气污染物方面进行了大量的研究工作, 在遥测热气体放射源(如发电厂、各种飞行器和发动机羽尾排放)的红外辐射的物理和化学特性方面, 已成为非常重要的手段之一^[53-55]。被动式 RS-FTIR 检测是基于背景和污染物的温度不同^[56, 57], 它的最大优点是在缺乏背景信息的情况下, 有对准任意方向收集数据的能力, 无需进行样品预处理, 可同时测量多种污染物, 可以夜间监测, 可以远距离实时监测。而在这种测量中, 了解实验条件下仪器的响应函数规律非常重要。

Tilotta 等^[58]认为, 仪器响应函数只是频率的函数, 与校

正红外光谱仪时所采用的黑体温度无关。王俊德等^[59]在 170 RS-FTIR 光谱仪上的研究则认为, 标准黑体温度对仪器响应函数的影响随标准绝对黑体温度的上升而降低。而文献[60]对 Bruker EQUINOX 55 型 RS-FTIR 光谱仪的校正表明, 当温度低于 1 073 K 时, 仪器响应函数与温度有关, 且随黑体温度的增加而增加。这些研究都没有考虑校正时仪器接收到的信号大小, 张黎明等^[61]进一步研究表明, 在不同的实验条件下, 得到的仪器响应函数是不同的, 它不但与校正时所用的黑体温度有关, 而且还和校正时仪器接收到的信号大小有直接关系。

我们对火箭等固体推进剂燃烧温度和燃烧产物进行了遥感实时诊断^[6, 62-66], 该研究对飞行器的固体推进剂的配方设计和改进有重要的参考价值。

此外, 本实验室正在用被动 FTIR 对复杂背景条件下的 VOCs 进行实时监测, 并通过背景谱的处理以及干涉图的直接定性和定量分析, 结合各种化学计量学和计算机层析 (CT) 方法, 以实现大气 VOCs 的多组分实时遥感监测及污染物的空间浓度分布和迁移的测定等。

5 结 论

RS-FTIR 可以提供大气 VOCs 污染物在时间和空间位置上的变化规律, 其分析范围还在不断地扩大。这种技术在测定大气中污染物的总携载量, 污染源的污染排放量、大气扩散参数及定量研究点源, 连续自动坚持监测系统的优化选点等研究方向具有很大的潜力和价值。

参 考 文 献

- [1] Penza M, Cassano G. *Sens. Actu. B*, 2003, 89: 269.
- [2] David B M, Gregory M Z, Rodney D T, et al. *Journal of Hazardous Materials*, 1995, 43: 55.
- [3] William T W. *SPIE*, 2004, 5270: 144.
- [4] Kagann R H, Simpson O A. *Proc., Annu. Meet.-Air Waste Manage. Assoc.*, 1992, 85th, No. 92/73. 09, 16.
- [5] Dae Woong Hong, Gwi Suk Heo, Jin Seok Han, et al. *Atmospheric Environment*, 2004, 38: 5567.
- [6] WANG Jun-de, LI Yan(王俊德, 李燕). *Advances in Analytical Chemistry(分析化学新进展)*. Chemistry Department of National Natural Science Foundation of China(国家自然科学基金委员会化学科学部组编). Ed. WANG Er-kang(汪尔康主编). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2002. 359.
- [7] Ruiz-Jimenez J, Priego-Capote F, Garcia-Olmo J, et al. *Analytica Chimica Acta*, 2004, 525: 159.
- [8] Jørgen W, Einax. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2004, 380: 368.
- [9] Mariey L, Signolle J P, Amiel C, et al. *Vibrational Spectroscopy*, 2001, 26: 151.
- [10] Ganadu M L, Lubinu G, Tilotta A, et al. *Talanta*, 1997, 44: 1901.
- [11] Giuliano F Zaganel, Patricio Peralta-Zamora, Luiz P Ramos. *Talanta*, 2004, 63: 1021.
- [12] LI Yan, SUN Xi-yun, WANG Jun-de(李燕, 孙秀云, 王俊德). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2000, 20(6): 773.
- [13] Binghe Gu, Lianjun Wang, Junde Wang, et al. *Spectrosc. Lett.*, 1998, 31(7): 1451.
- [14] Binghe Gu, Junde Wang, Xuetic Zhou, et al. *J. Environ. Sci. & Health*, 1998, A33(7): 1419.
- [15] Fang Liu, Junde Wang. *Journal of Environmental Science and Health*, 2004, 39(6): 1525.
- [16] LIU Fang, WANG Jun-de(刘芳, 王俊德). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2004, 24(8): 946.
- [17] LI Yan, WANG Jun-de, CHEN Zu-ru, et al(李燕, 王俊德, 陈作如, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2002, 22(5): 758.
- [18] LI Yan(李燕). *Temporal and Spatial Extension of Analytical Chemistry(分析化学在时空上的延伸)*. Doctoral Dissertation of Nanjing

- University of Science & Technology (南京理工大学博士学位论文), 2003, 79.
- [19] SUN Xiu-yun, LI Yan, WANG Jun-de (孙秀云, 李燕, 王俊德). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(4): 739.
- [20] Yan Li, Junde Wang, Zuoru Chen, et al. Artificial Neural Network for the Quantitative Analysis of Air Toxic VOCs. Anal. Lett., 2001, 34(12): 2203.
- [21] LIU Bing-ping, LI Yan, ZHANG Lin, et al(刘丙萍, 李燕, 张琳, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2006, 26(1): 51.
- [22] Yan Li, Junde Wang, Weiqun Yuan. J. Environ. Sci. & Health, 2000, A35(9): 1673.
- [23] Bingping Liu, Yan Li, Lin Zhang, et al. Spectroscopy Letters, in press.
- [24] LIU Fang, WANG Jun-de(刘芳, 王俊德). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2002, 22(2): 239.
- [25] ZHANG Lin, ZHANG Liming, LI Yan, et al(张琳, 张黎明, 李燕, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2006, 26(4): 620.
- [26] Lin Zhang, Liming Zhang, Yan Li, et al. J. Environ. Sci. & Health, 2005, A40(5): 1069.
- [27] ZHANG Lin, ZHANG Liming, LI Yan, et al(张琳, 张黎明, 李燕, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 已接收.
- [28] ZHANG Lin, ZHANG Liming, LI Yan, et al(张琳, 张黎明, 李燕, 等). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2005, 12: 1709.
- [29] ZHANG Lin, ZHANG Liming, LI Yan, et al(张琳, 张黎明, 李燕, 等). A New Technique for the Analysis of RS-FTIR Spectroscopy(一种解析遥感傅里叶变换红外谱图的新技术). 2005 Doctoral Forum of China, Tianjin University(2005 首届化工类博士论坛), Tianjin(天津), 2005, 240.
- [30] Lin Zhang, Liming Zhang, Yan Li, et al. Feasibility of Calibration Transfer Used for RS-FTIR Spectroscopy Analysis. Vibrational Spectroscopy, submitted.
- [31] Milton M J T, Partridge R H, Goody B A. Proceeding of the A & WMA International Specialty Conference on Optical Sensing for Environmental and Process Monitoring; VIP-55 San Francisco: Pittsburgh, Pa., 1996, 393.
- [32] Hren B, Katona K, Mink J, et al. Analyst, 2000, 125: 1655.
- [33] Yan Li, Junde Wang, Zhonghua Huang, et al. J. Environ. Sci. & Health, 2002, A37(8): 1453.
- [34] LI Yan, WANG Jun-de(李燕, 王俊德). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(6): 1104.
- [35] Todd L A. Air and Waste Manage. Assoc., 1992, SP81: 356.
- [36] Todd L A. Air and Waste Manage. Assoc., 1992, SP81: 390.
- [37] Yost M G, Gadgil A J, Drescher A C, et al. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1994, 55: 395.
- [38] Samanta A, Todd L A. Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng., 1995, 2365: 187.
- [39] Herman G T. Image Reconstruction from Projections: The Fundamentals of Computerized Tomography. New York: Academic, 1980.
- [40] Todd L A, Ramanathan M, Mottus K, et al. Atmospheric Environment, 2001, 35: 1937.
- [41] Jinhua Sheng, Derong Liu. IEEE Trans. on Nuclear Sci., 2004, 51(1): 130.
- [42] Hashmonay R A, Yost M G, Wu C. F. Atmospheric Environment, 1999, 33: 267.
- [43] HUANG Zhong-hua, LI Yan, WANG Jun-de(黄中华, 李燕, 王俊德). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2002, 22(6): 973.
- [44] Tsai M Y, Yost M G, Wu C F, et al. Atmospheric Environment, 2001, 35: 4791.
- [45] Wu C F, Yost M G, Hashmonay R A, et al. Atmospheric Environment, 2003, 37: 1879.
- [46] LI Yan, WANG Lian-jun, WANG Jun-de(李燕, 王连军, 王俊德). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2005, 33(6): 825.
- [47] LI Yan, WANG Jun-de(李燕, 王俊德). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(5): 885.
- [48] Zhonghua Huang, Junde Wang, Yan Li. Instrumen. Sci. & Tech., 2003, 31: 23.
- [49] Yan Li, Junde Wang. J. Environ. Sci. & Health, 2003, A38(2): 429.
- [50] Yibo Ren, Yan Li, Junde Wang, et al. J. Environ. Sci. & Health, 2005, A40(3): 571.
- [51] WANG Xiao-fei(王晓斐). Spatial Concentration Distribution Reconstruction of Air Vapor pollutant(大气环境中气体污染物空间浓度分布的重构). Master's degree Dissertation of Nanjing University of Science & Technology(南京理工大学硕士学位论文), 2005, 19.
- [52] Baihua Yu, Yan Li, Yibo Ren, et al. A Novel Iterative Algorithm for Spatially Mapping Air Contaminant Concentration Distribution Using OP-FTIR. Atmospheric Environment, Submitted.
- [53] Jun Zhang, Yanjun Gong. Proceedings of SPIE, 2001, 4548: 356.
- [54] Klaus Schiffer, Carsten Jahn, Peter Sturm, et al. Proceedings of SPIE, 2004, 5235, 425.
- [55] Klaus Schiffer, Carsten Jahn, Peter Sturm, et al. Proceedings of SPIE, 2003, 4882, 375.
- [56] Hilton M, Lettington A H, Mills I M. SPIE, 1993, 2089: 314.
- [57] Harig B, Matz G. Field Anal. Chem. Technol., 2001, 5(12): 75.

- [58] Tilotta D C, Busch K W, Busch M A. *Appl. Spectrosc.*, 1989, 43(4): 704.
- [59] Wang Junde, Wang Tianshu, Chen Zouru, et al. *Spectrosc. Lett.*, 1997, 30(4): 783.
- [60] HUANG Zhong-hua, LI Yan, WANG Jun-de, et al(黄中华, 李 燕, 王俊德, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2002, 22(3): 399.
- [61] ZHANG Li-ming, ZHANG Lin, LI Yan, et al(张黎明, 张 琳, 李 燕, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2006, 26(1): 45.
- [62] Yan Li, Junde Wang. *Instrumen. Sci. & Tech.*, 2003, 31: 33.
- [63] ZHOU Xue-tie, LI Yan, CHEN Zu-ru, et al(周学铁, 李 燕, 陈作如, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2003, 23(3): 609.
- [64] LI Yan, HUANG Zhong-hua, ZHOU Xue-tie, et al(李 燕, 黄中华, 周学铁, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2005, 25(2): 201.
- [65] ZHOU Xin-li, LI Yan, LIU Zhe-liang, et al(周新利, 李 燕, 刘祖亮, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2002, 22(5): 764.
- [66] LI Yan, WANG Jun-de, SUN Xi-yun, et al(李 燕, 王俊德, 孙秀云, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2004, 24(8): 936.

Advanced Development of Remote Sensing FTIR in Air Environment Monitoring

HU Lan-ping^{1, 2}, LI Yan^{1*}, ZHANG Lin¹, ZHANG Li-ming¹, WANG Jun-de¹

1. Laboratory of Advanced Spectroscopy, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210014, China

2. Laboratory of Analytical Chemistry, School of Chemistry and Chemical Engineering, Nantong University, Nantong 226006, China

Abstract Remote sensing FTIR(RS-FTIR) is one of the most important technologies in atmospheric pollutant monitoring. It has several prevailing advantages: (1) high resolution and high selectivity; (2) it requiring no sampling and no sample pre-processing; (3) capability of detecting several compounds simultaneously; (4) real time, long distance, and automatic monitoring. So it is extraordinarily appropriate for the quantitative and qualitative determination, and remote, real time, dynamic monitoring of air contaminant, especially the toxic volatile organic compounds (VOCs). The present paper reviews the research progress in remote sensing FTIR for air monitoring made by the Laboratory of Advanced Spectroscopy in recent years, including chemometrics, computed tomography, FTIR spectra interpretation, spatial distribution of air pollutant concentration and passive remote monitoring, etc. These research findings show that the rapid development and application of remote sensing FTIR accelerated the temporal and spatial extension of analytical chemistry, and it will by all means have wide prospects in atmospheric environmental monitoring.

Keywords Remote sensing FTIR; Air pollutant; Chemometrics; Computed tomography; Concentration distribution

(Received Feb. 10, 2006; accepted May 20, 2006)

* Corresponding author