

■ 大气科学专业系列教材.....

大气化学实验教程

王体健 主 编



南京大学出版社

■ 大气科学专业系列教材.....

大气化学实验教程

主 编 王体健
编 者 王体健 谢 旻 韩 永 庄炳亮
李 树 陈璞珑 李蒙蒙 袁 成



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大气化学实验教程/王体健主编. — 南京: 南京大学出版社, 2017. 8

大气科学专业系列教材

ISBN 978-7-305-18860-2

I. ①大… II. ①王… III. ①大气化学—化学实验—高等学校—教材 IV. ①P402—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 144667 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

丛 书 名 大气科学专业系列教材

书 名 大气化学实验教程

主 编 王体健

责任编辑 刘 飞 蔡文彬 编辑热线 025-83596997

照 排 南京理工大学资产经营有限公司

印 刷 常州市武进第三印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 6.25 字数 145 千

版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-18860-2

定 价 20.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

微信服务号: njuyuexue

销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购

图书销售部门联系调换

前 言

大气化学是揭示大气成分的演变特征、认识污染物的转化规律、模拟大气污染物的生消过程、预测未来大气成分变化的学科。当前我国呈现以酸沉降、光化学烟雾和细颗粒物为主要特征的大气复合污染,其形成离不开污染物在大气中发生的气相化学、液相化学、气溶胶化学、非均相化学等过程。大气化学包含理论和实验两大部分,其中大气化学理论主要涉及反应动力学过程、速率和算法,大气化学实验包含外场观测、室内模拟和数学模拟,这些是研究大气化学过程和机理的重要手段。

作为本科生,除了掌握大气化学的基础理论之外,还必须学会大气化学实验的基本技能。为此,本书设计了八个实验以强化对学生实验与实践能力的培养。王体健教授负责本书总体框架的设计,并完成实验三“大气化学模式”和实验八“空气质量与灰霾天气预报”的撰写。谢旻副教授编写了实验七“大气干沉降和雨雾化学成分测定”,韩永副教授编写了实验五“激光雷达的操作使用及数据处理”,庄炳亮副教授编写了实验一“环境空气质量监测系统的使用和维护”,李树讲师编写了实验二“移动大气成分探测”,陈璞珑博士编写了实验六“颗粒物分级采样及化学成分测定”,袁成编写了实验四“臭氧和气溶胶的垂直探测”,李蒙蒙博士参与了实验三和实验八的编写。

本书是在《大气化学实验讲义》的基础上修改完成的,该讲义在南京大学大气科学学院试用了3年。在这里要特别感谢南京大学出版社吴华女士的鼓励和帮助,使得本书能在规定时间内顺利出版。由于著者水平有限,书中难免有疏漏和不正之处,敬请读者不吝指正。

作 者

2017.7 于仙林风华园

目 录

实验一 环境空气质量监测系统的使用和维护	1
一、实验目的	1
二、实验原理	1
三、实验步骤	10
四、实验报告	15
实验二 移动大气成分探测	18
一、实验目的	18
二、实验原理	18
三、实验步骤	30
四、实验报告	31
实验三 大气化学模式	33
一、实验目的	33
二、实验原理	33
三、实验步骤	40
四、实验报告	40
实验四 臭氧和气溶胶的垂直探测	42
一、实验目的	42
二、实验原理	42
三、实验步骤	45
四、实验报告	53
实验五 激光雷达的操作使用及数据处理	54
一、实验目的	54
二、实验原理	54
三、实验步骤	58
四、实验报告	62



实验六 颗粒物分级采样及化学成分测定	63
一、实验目的	63
二、实验原理	63
三、实验步骤	68
四、实验报告	71
实验七 大气干沉降和雨雾化学成分测定	76
一、实验目的	76
二、实验原理	76
三、实验步骤	80
四、实验报告	86
实验八 空气质量和灰霾天气预报	87
一、实验目的	87
二、实验原理	87
三、实验步骤	90
四、实验报告	90

实验一

环境空气质量监测系统的使用和维护

一、实验目的

了解当前大气环境监测系统的基本组成,熟悉大气环境监测系统中各类监测仪器的测量原理、基本操作和标定校准,掌握监测数据的质量控制和质量保证方法以及对观测结果的分析能力。

二、实验原理

1. 监测系统的环境要求

环境监测系统的选址必须具有代表性、准确性和比较性。即观测记录不仅能够反映观测点上的环境状况,而且还必须能够反映所在测站周边一定范围内的平均环境状况;其次,观测记录要真实反映大气环境中的实际情况;最后,观测记录在时间上(同一地点不同时间)和空间上(同一时间不同地点)具备可比较性。除外部环境条件,监测站内也必须注意或者满足下述的几点基本要求:

(1) 用电环境

为保证各类监测仪器及相关配套设备的正常运行,必须保证充足的电量供应,同时须满足各类仪器、设备的电压、电流、功率等的要求。以南京大学鼓楼校区城市大气环境监测站为例,电路系统多采用三相系统对仪器进行供电,其较之单相系统要平稳、省电和经济。同时,三相电容易产生旋转磁场以使三相电动机进行平稳转动。一般的监测仪器所需电压为 220 V 左右的交流电,但也有部分设备需要的是 110 V 左右的直流电或者是 12 V 的直流电。对于特定额定功率和额定电压的仪器(如部分的臭氧分析仪和一氧化碳分析仪),必须利用变频器对当前/当地的电压进行变频转换以满足特定仪器的需求,图 1-1 所示即为变频器的示意图。同时,为防止突发断电对仪器造成的损害,一般在测站内还配备了蓄电池。

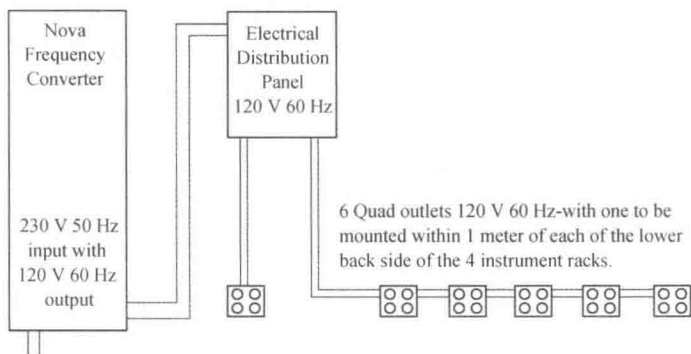


图 1-1 变频器示意图



(2) 温、湿度条件

监测仪器对室内的温度条件和湿度条件非常敏感,监测或者采样过程中必须保持在相对恒定室温(18~24 摄氏度)下,各仪器才能稳定、正常的运行,否则将会影响正常的观测进程和数据质量,如室温过低,夏季样气管进入室内容易形成冷凝水,严重的情况会损坏仪器的感应部件。此外,夏季的高湿环境也会影响部分仪器的测量效果,如三波段浊度计,必须在仪器接口和样气管之间用装有加热装置。

(3) 校准条件

为了避免监测数据的系统性漂移,环境监测系统的多数仪器需要进行定期标定,以防仪器在长期观测中出现较大的误差。为保证各种仪器的正常标定,必须配备相应的、高浓度的标定气体和载气体。校准时通过控制标气瓶上的阀门调节标气的输出和输入气压。气体分析仪的零点校准和跨点校准分别采用零气发生器和动态校准仪。零气发生器为仪器提供不含杂质的纯空气气体,将该气体通入气体分析仪时,仪器显示的浓度应为 0,如果有较大的偏差,应将其校准至 0 附近;动态校准仪则采用动态配气法将已知浓度的标气体与零气混合配置相应浓度(已知)的气体输入仪器,实现对仪器的定标,如果仪器显示的值与跨点值差别较大,则应对其进行校准。关于仪器的校准,将在下面的章节中做进一步介绍。

(4) 数采环境

环境监测系统对大气成分的监测是在线和连续的,数据通过数据采集(数采)软件传输到电脑终端,为此,仪器和电脑两端的数据接口必须准确对接方能保证监测数据的正常储存。

(5) 样气管条件

各监测仪器的样气都是通过抽气泵从室外抽气和分流导入,样气入口的清洁度对监测结果的精度影响较大,因此必须保持样气入口处滤网或者切割头清洁。对于光学仪器,还必须定时清理仪器上的光学镜片。

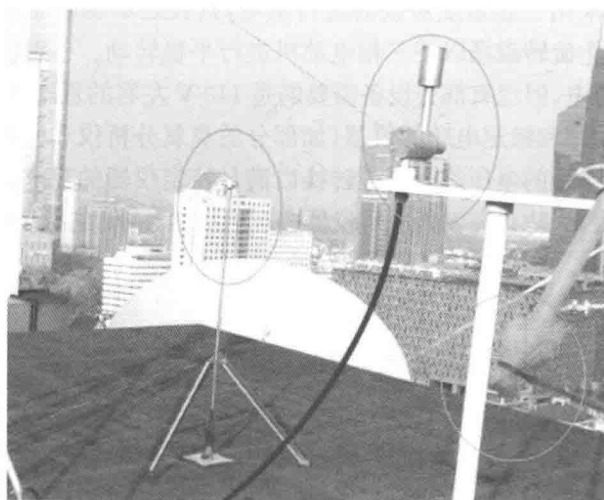


图 1-2 样气入口(右)和切割头(左、中)图示



2. 实验仪器及原理

大气环境监测系统主要以大气中污染气体(如二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、臭氧等)和气溶胶(如黑碳气溶胶、PM_{2.5}、PM₁₀等)的浓度和光学参数为观测对象,采用的仪器一般包括:

表 1-1 实验涉及主要仪器

仪器	观测对象	单位	属性
7 波段黑碳仪	黑碳气溶胶质量浓度和气溶胶吸收系数	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 Mm^{-1}	气溶胶
3 波段浊度计	气溶胶的散射系数	Mm^{-1}	气溶胶
PM _{2.5} /PM ₁₀	PM _{2.5} /PM ₁₀ 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	气溶胶
太阳光度计	柱气溶胶光学参数	无	气溶胶
粒子计数器	气溶胶数浓度	个/ cm^3	气溶胶
能见度仪	大气能见度	km	气溶胶
Hg 分析仪	大气 Hg 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	气体
SO ₂ 分析仪	SO ₂ 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ppb	气体
NO _x 分析仪	NO _x 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ppb	气体
O ₃ 分析仪	O ₃ 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ppb	气体
CO 分析仪	CO 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ppb	气体
CO ₂ 分析仪	CO ₂ 质量浓度	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ppb	气体

(1) 7 波段黑碳仪(AE-31)

配备的 7 波段黑碳仪为美国 MAGEE 科技公司研制和生产的 AE-31 型 Aethalometer 黑碳仪,也是当前国内外应用最广泛的黑碳气溶胶浓度和气溶胶吸收系数的仪器(图 1-3)之一。其考虑的七个波段分别为:370、470、520、590、660、880 和 950 nm。样气的入口(inlet)架设在屋顶以上约 1 m 处。

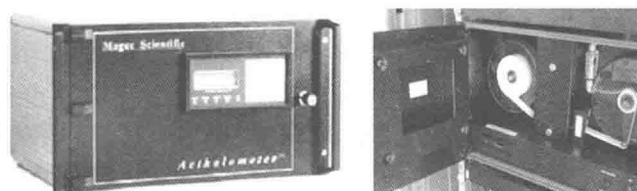


图 1-3 7 波段黑碳(AE31)

黑碳气溶胶占总气溶胶的光吸收率的 90% 以上,黑碳仪便是利用黑碳气溶胶对短波辐射的强吸收性原理进行测量。AE-31 仪器含有纸带和过滤芯两个部分,其中纸带是在仪器测量过程中使用,而过滤芯则是在非测量过程时向外排除废气的时候使用。测量过程中,首先,空气中的样品通过抽气泵将样气中的颗粒物沉淀在纸带上;其次,光室内发射上述七个波段的光束并通过沉淀在纸带上的颗粒物,由此将引起一定的光削减量;第

三,通过光的削减信号计算颗粒物在不同波长上的吸收系数(方程 1-1),并结合吸收系数和黑碳浓度之间的关系计算出黑碳气溶胶的浓度(方程 1-2),其中 880 nm 下对应的浓度值能够最大限度的代表黑碳气溶胶的浓度。当光的削减量达到设定的阈值时,纸带将向右移动,样气中的颗粒物将重新沉淀在干净的滤带上,并重复上述的测量过程。一般将 AE-31 的工作模式设定为节省模式,即仅在测量时样气从连接纸带的气路通过,其他情况则从连接过滤芯的气路通过,从而减小对纸带的消耗,滤芯由白变黑时,可直接将其更换。

AE-31 的测量原理是根据沉积在仪器内部走纸纸带上的吸收性气溶胶或者黑碳气溶胶对 7 个波段透射光的削减量来计算各个波段上气溶胶的吸收系数(Mm^{-1}):

$$\sigma_{\text{ATN},t}(\lambda) = \frac{(ATN_t(\lambda) - ATN_{t-1}(\lambda))}{\Delta t} \times \frac{A}{V} \quad (1-1)$$

其中:ATN 为对某一波长上的光削减量(%),A 为沉积在纸带上气溶胶所占面积(cm^2),V 是仪器的流量(L/min), Δt 是两次测量间的时间间隔(min)。计算过程中各个量的单位必须统一。获得吸收系数后,可根据下式计算出黑碳气溶胶的浓度:

$$BC_{\text{ATN}} = \frac{\sigma_{\text{ATN}}}{\gamma_{\text{ATN}}} [\text{m}^2 \text{g}^{-1}] = 14\,625/\lambda [\text{nm}] \quad (1-2)$$

值得注意的是在观测过程中,沉积在纸带上气溶胶的多次散射作用会使得吸收系数值被高估;而不断沉积在纸带上的气溶胶随着沉积量的增加又会使得吸收系数被低估,因此,必须对原始的观测数据进行进一步订正才能使用。一般而言, σ_{ATN} 比实际的吸收系数 σ_{abs} 大,针对上述两种影响因素,可通过引入参数 C 和 R 来进行修正。

$$\sigma_{\text{abs},t}(\lambda) = \frac{\sigma_{\text{ATN},t}(\lambda)}{C \times R} \quad (1-3)$$

关于 R 的计算如下:

$$R_t(\lambda) = \left(\frac{1}{f} - 1\right) \times \frac{\ln(ATN(\lambda)) - \ln 10}{\ln 50 - \ln 10} + 1 \quad (1-4)$$

C 可取常数,也可通过计算得到,如:

$$C(\lambda) = C_{\text{ref}} \times \frac{\lambda^{A \times \ln(\lambda) + B}}{\lambda_{\text{ref}}^{A \times \ln(\lambda) + B}} \quad (1-5)$$

$$\begin{aligned} A &= 0.123 \times \alpha_a^2 - 0.128 \times \alpha_a - 0.195 \\ B &= -1.512 \alpha_a^2 + 1.744 \times \alpha_a + 2.637 \end{aligned} \quad (1-6)$$

吸收系数也可通过间接的方法计算,即通过一定的经验关系,利用 880 nm 的黑碳浓度计算 532 nm 的吸收系数:

$$\sigma_{\text{abs},t}(\lambda) = [BC] \times \gamma \quad (1-7)$$

(2) 3 波段浊度计

3 波段浊度计主要用来测量大气中气溶胶的散射系数和后向散射系数,三个波段分



别为 450、525 和 635 nm; 配备型号为 Aurora-3000, 其内部主要包括光学测量室、接收光学系统、光源系统、进气和排气系统等。仪器示意图如图 1-4 所示:

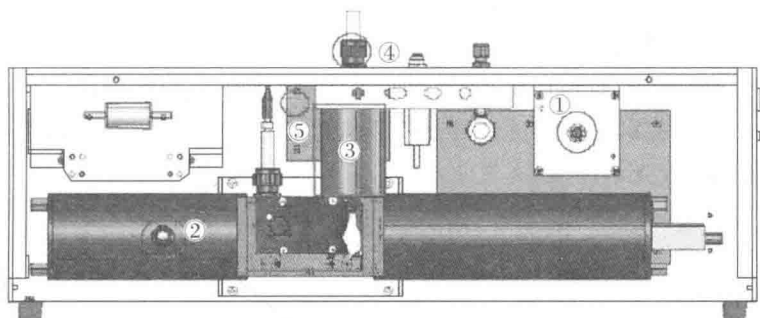


图 1-4 3 波段浊度计(Aurora-3000)

其测量原理是: 在采样泵的驱动下, 空气通过进气管进入测量室, 而后通过排气管排出。在测量室内, 样品空气对 LED 的入射光产生散射, 因而光电倍增管可以检测到正比于入射光强度的散射光的电信号, 经过处理得到气溶胶的散射系数。仪器工作时可进行三种测量, 分别是快门计数、灯源关闭和测量计数。

根据散射系数和后向散射系数可计算出后向散射比: β_{λ} (后向散射系数与总散射的比值), 再根据后向散射比计算气溶胶粒子的不对称因子:

$$ASP_{\lambda} = -7.143889\beta_{\lambda}^3 + 7.46443\beta_{\lambda}^2 - 3.9356\beta_{\lambda} + 0.9893 \quad (1-8)$$

进一步地, 根据散射系数和吸收系数可计算气溶胶的单次散射反照率:

$$\omega(\lambda) = \frac{\sigma_s(\lambda)}{\sigma_s(\lambda) + \sigma_a(\lambda)} \quad (1-9)$$

(3) $PM_{2.5}/PM_{10}$

测量大气颗粒物浓度的设配多样, 如有型号为 TEOM Particulate Mass Monitor Series 1400 的 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 监测仪, 其主要基于样气入口不同粒径段的切割头用来测量大气中粗、细粒子的质量浓度。该型号分析仪的主要测量原理为: 锥形元件振荡式微量天平 (TEOM) 方法, 在采样泵的驱动下, 空气通过进气管进入测量室, 用频率计测定元件振荡频率的变化, 亦即是确定过滤器上的质量变化。该型号的仪器示意图如图 1-5 所示:

美国热电公司产的双通道环境颗粒物连续监测仪 (1405DF-BEF) 可同时测量 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 PM 组颗粒的质量浓度, 采用的测量原理为微量振荡天平技术法。它有两套滤膜动态测量系统和两套锥形原件微量振荡天平传感器, 以及网络连接



图 1-5 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 监测仪图示

和触摸屏用户控制界面。在有挥发性颗粒物存在的环境中能提供短期和长期环境颗粒物数据,从而提供含挥发性物质和不含挥发性物质的 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 等颗粒物的浓度。

(4) 太阳光度计

太阳光度计主要用于气溶胶光学特性和大气质量监测的自动测量仪器,一般配备的为自动跟踪太阳光度计,其型号是 CE-318,由法国 CIMEL 公司研制生产。其工作原理是:测量太阳和天空在可见光和近红外的不同波段、不同方向、不同时间的辐射亮度,来反演和推算大气气溶胶光学厚度、大气水汽柱总量、臭氧总量等。



图 1-6 太阳光度计 CE318

根据地面测得的直射太阳辐射 $E(\text{W}/\text{m}^2)$,在特定波长上根据 Bouguer 定律有:

$$E = E_0 R^{-2} \cdot \exp(-m\tau) T_g \quad (1-10)$$

其中: E_0 是在一个天文单位(AU)距离上的大气外界的太阳辐照度, R 是测量时刻的日地距离(AU), m 是大气质量数, τ 为大气总的垂直光学厚度, T_g 为吸收气体透过率。若仪器输出电压 V 与 E 成正比,则有:

$$V = V_0 R^{-2} \cdot \exp(-m\tau) T_g \quad (1-11)$$

其中: V_0 是标定常数。在大气相对稳定条件下,进行不同太阳天顶角情况下的太阳直射辐射测量,仪器的输出 V 是 m 的函数, V_0 从一系列测值外插到 m 为 0 时 V 的结果。由 $\ln V + \ln R^2$ 与 m 画直线,直线的斜率就是垂直光学厚度 $-\tau$,截距就是太阳辐射计在大气外界测得的电压信号 V_0 ,这就是常说的 Langley 法。大气总的消光光学厚度 τ 由分子散射(Rayleigh),气体吸收消光(如臭氧,水汽)和气溶胶散射三部分组成。Rayleigh 光学厚度由地面气压测值计算;气体吸收主要是臭氧和水汽的吸收;在没有气体吸收的通道,气溶胶的光学厚度可从总的光学厚度减去 Rayleigh 光学厚度得到。基于观测到的太阳辐射通量、地表反照率等信息,可进一步反演出不同模态(粗、细)气溶胶的吸收和散射光学厚度、波长指数、单次散射反照率、平均半径、体积浓度以及粒径谱分布。



(5) 粒子计数器

可用于监测大气颗粒物的粒径分布,配备的粒子计数器(如图 1-7 所示)型号为 PCI-9111DG,采用的测量原理是利用双束激光的空气动力学直径测量方法测量气溶胶粒子的粒径大小。同时能够监测到不同粒径大小的数浓度,从而得到气溶胶粒子的数谱。

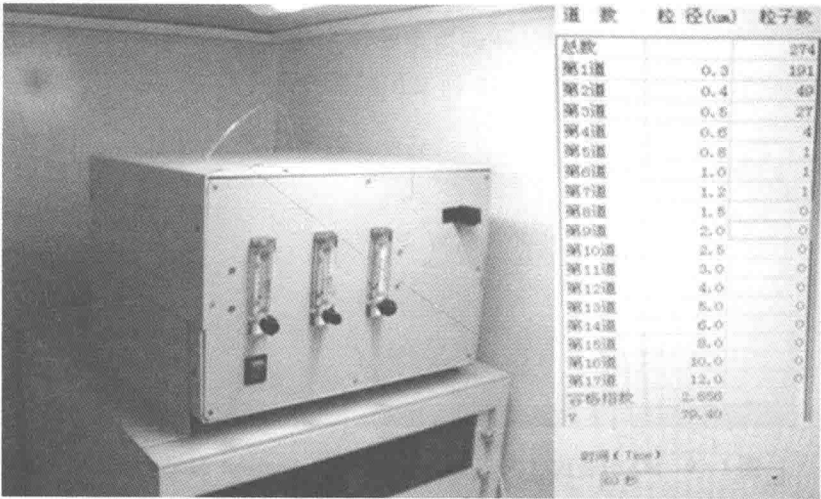


图 1-7 粒子计数器(PCI-9111DG)

(6) 能见度仪

主要用于监测大气能见度,如有配备型号为 GSN-1,主要测量原理是发射机持续发射红外光脉冲,被透镜聚焦后经大气中的颗粒物散射,接收机透镜将散射光收集到光二极管上并对其强度进行检测,最后将检测得到的信号发送到 CPU,通过特定的算法转化为气象光学能见度。

(7) Hg 分析仪

用于监测大气中总汞的浓度,配备的大气气态总汞分析仪(如图 1-8 所示)的型号是

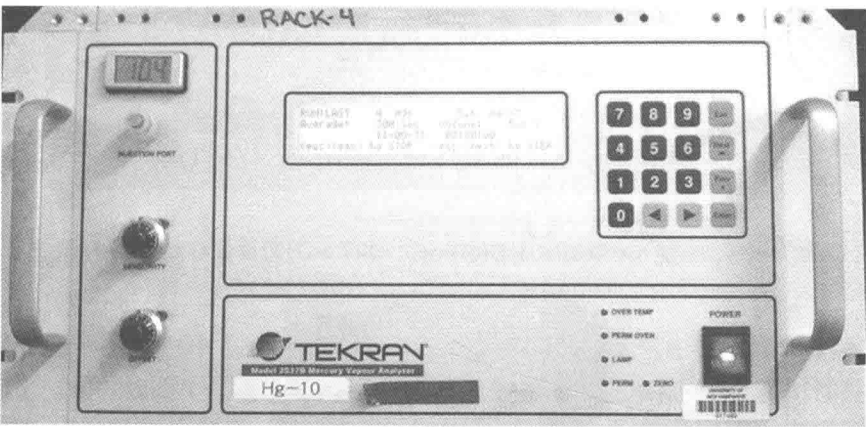


图 1-8 大气总汞分析仪(Tekran 2537B)

Tekran 2537B,其测量原理是使用原子荧光法,在采样泵的驱动下,空气通过进气管进入测量室,低压汞灯发出 253.7 nm 的谱线,照射到被测样品生成的汞蒸气上,被照射的汞原子能辐射出荧光,再由光电倍增管将其转换成电信号。

(8) SO_2 分析仪

用于测量大气中 SO_2 的浓度。配备型号有:UV-Fluorescence SO_2 Analyzer Model 100E(如图 1-9 所示)。采用的测量原理为紫外荧光法,即用紫外光激发 SO_2 分子,处于激发态的 SO_2 分子返回基态时发出荧光,所发出的荧光强度与 SO_2 浓度呈线性关系,从而测出 SO_2 的浓度。

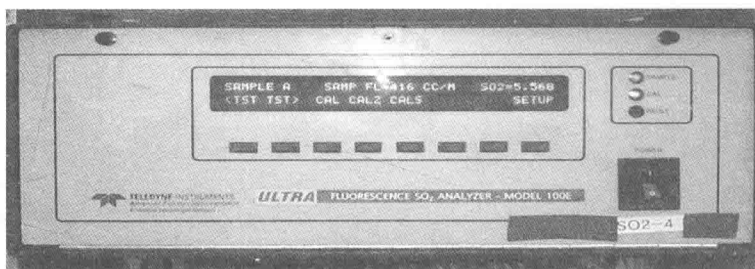


图 1-9 SO_2 分析仪(UV-Fluorescence SO_2 Analyzer Model 100E)

(9) NO_x - NO_y 分析仪

配备的氮氧化物分析仪是由美国的热电公司(Thermo Scientific)生产,型号分别为 42i 和 42iY。其中 NO_x 的测量原理是采用单反应室、单光电倍增管设计,通过电磁阀完成 NO 模式和 NO_x 模式的切换,能同时输出 NO 、 NO_2 、 NO_x 浓度,并可以对各气体进行独立校准(如图 1-10 所示); NO_y 的测量则是采用单气室、单光电倍增管结构,并应用化学发光技术可测量在空气中浓度从亚 ppb 量级到 1 000 ppb 的氮氧化物 NO_y 。

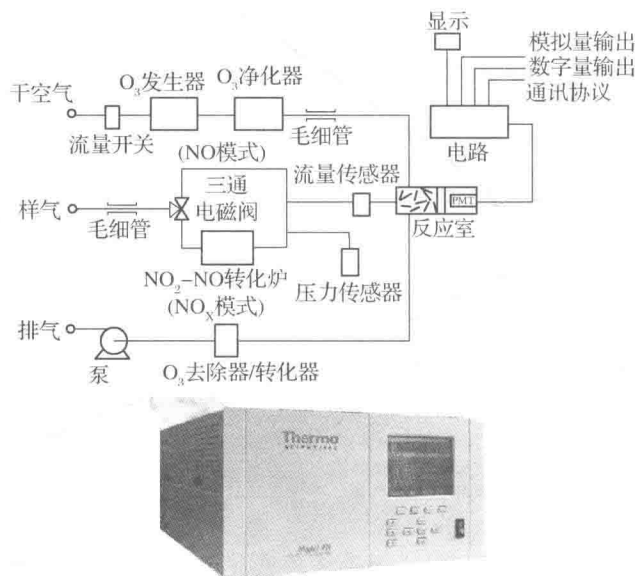


图 1-10 NO - NO_2 - NO_x 测量原理示意图和仪器图片



(10) O_3 分析仪

主要用来测量大气中 O_3 的质量浓度,配备的 O_3 分析仪有美国热电公司(Thermo Scientific)生产的 UV Photometric O_3 Analyzer Model 49i(如图 1-11 所示),其工作原理是紫外光度法,基于臭氧对紫外辐射的吸收强度推算臭氧的浓度水平。

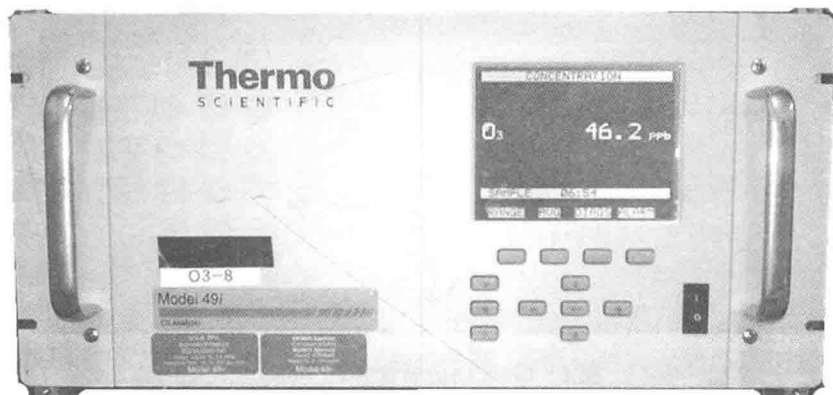


图 1-11 O_3 分析仪(UV Photometric O_3 Analyzer Model 49i)

(11) CO 分析仪

主要用来测量大气中 CO 的质量浓度,配备的 CO 分析仪由美国热电公司(Thermo Scientific)生产的 Gas Filter Correlation CO Analyzer Model 48i-TLE(如图 1-12 所示),其工作原理是采用非色散红外法,测定样品对红外线的吸收来定量计算出其中含有的 CO 的浓度。

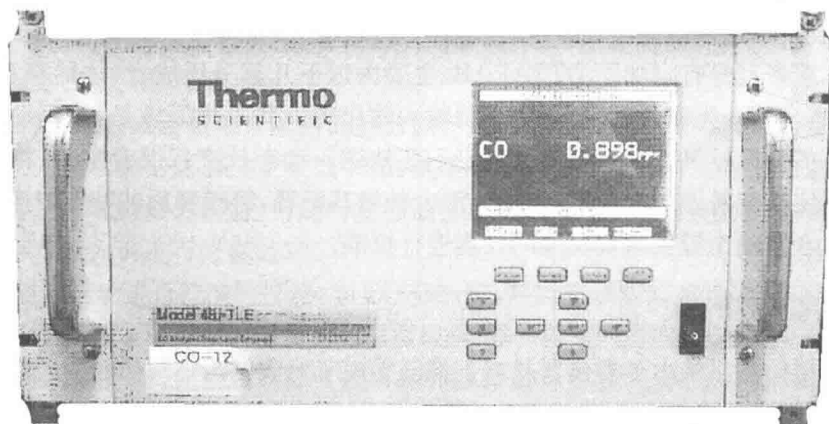


图 1-12 CO 分析仪(Gas Filter Correlation CO Analyzer Model 48i-TLE)

(12) CO_2 分析仪

主要用于测量大气中主要的温室气体 CO_2 的浓度,以及大气中的水汽含量,配备的仪器型号有 LI-7000(如图 1-13 所示),其测量原理是采用非色散红外法,根据样品和标气中 CO_2 对红外辐射吸收的差异,用高精度的已知浓度的 CO_2 标气参比进行实际 CO_2 浓度的计算。



图 1-13 CO₂分析仪(LI-7000)

(13) 仪器校准系统

零气发生器:为大气成分观测仪器提供不含 NO、NO_x、O₃、SO₂、CO 和碳氢化合物的气体,配备型号有:111-D3N。其工作原理是:首先,空气经压缩机后,经过聚结过滤器将空气中的水分滤掉;其次,干空气至反应室进行催化、氧化反应,将空气中的 CO 氧化成 CO₂,HC 及甲烷氧化成水和 CO₂后除掉;第三,再经清洁柱(PURAFIL,在氧化铝载体上涂有高锰酸钾)将 NO 氧化成 NO₂后去除;最后,利用碘化后的活性炭将 NO₂、SO₂、O₃ 和 HC 等吸收清除。

动态校准仪:用于对各种气体分析仪器的零点校准、跨点校准、精度检查、多点检查和性能审核。配备型号有:146i-DT3AFAB,主要由以下几部分组成:气体稀释系统、臭氧发生器(可选)、紫外光度计系统、数字控制输入输出等。其工作原理是:采用动态配气法将已知浓度的钢瓶标气以较小的流量恒定不变地送入动态校准仪混合室中,将零气以较大的流量恒定不变地通过混合室,与标气混合并将其稀释,将稀释后的特定浓度的混合气体连续从混合室输出提供给被校准的仪器进行校准。

三、实验步骤

大气环境监测系统中各类仪器基本上都已实现了对大气污染气体和颗粒物的在线监测,部分仪器甚至实现了自动标定功能。但仪器在运行过程中会出现数据的系统性漂移、零部件的损耗和老化、标定气体消耗、样气口被堵、样气管受污染等问题。因此,设计该类仪器的实验过程中,最重要的是在保证仪器正常运转的前提下(包括前面章节提到的外部环境条件和监测站内部环境条件的保证),对其进行常规保养(如更换滤膜、干燥剂、更换滤带、滤芯、清洁样气管等)、标定、校准等以确保观测数据的质量。基于此,本节主要介绍以下几个方面的内容:首先,是各类仪器(如 Hg、CO、O₃、SO₂等)在做常规保养或者维护过程中的一些注意事项,包括:1) 各个仪器的标气是否充足;2) 数据序列是否正常以及原始数据是否录入保存;3) 仪器耗材是否需要更换(如仪器内的滤膜、橡皮管和灯泡)等。



其次,是介绍黑碳仪从开机到更换纸带等的关键实验过程。第三,是介绍浊度计的校准方法。第四,介绍常规气体的手动校准方法。

1. 仪器常规保养主要事项

(1) 大气汞分析仪观测实验

首先,注意观察屏幕上的显示内容和屏幕右侧的信号灯是否出现异常,屏幕最上方一排显示实测浓度,如果浓度显示为 0 ng/m^3 或者没有数据,则先检查右侧 zero 指示灯是否点亮,如果点亮则为正常零标过程,如果未亮则检查载气(氙气)是否用尽或者阀门是否被关闭等,如果关闭则需要打开氙气阀门或者更换氙气。更换标准 Ar 气操作步骤:① 在软件中关闭采样检测;② 在仪器中按 esc 两次以关闭仪器;③ 关闭氙气气瓶阀门;④ 断开减压阀后部的出气阀门;⑤ 待输出气压归零后断开减压阀;⑥ 更换气瓶,正确连接后将气瓶阀门旋至最大位置后回转半圈。

其次,检查 Hg 分析仪所使用的紫外灯泡电压(仪器左上角显示),一般保持在 9 V 左右,或者看仪器右下方指示灯中 1 amp 灯是否常亮,不常亮则表示紫外灯正常工作。当使用新灯泡时适当降低电压, 7 V 左右为宜。

第三,更换样气进气滤膜,更换滤膜前务必将监测软件 control 页面中的控制开关调成 on 位置。

第四,检查 Hg 进气流量,保持在 5 L/min 。

(2) O_3 、CO、 NO_x 、 NO_y 分析仪观测实验(以热电厂的分析仪为例)

首先,观察下图中仪器屏幕上显示内容是否出现异常。若出现报警情况(有类似树形或者闹铃形标志),按 ALARM 键指示报错位置,针对指示的错误进行相应的操作,如仪器内部温度过高或者过低,多数与室内环境温度有关,此时因适当调节室内的温度;再如流量报警,可能与气路被堵有关,或者仪器的内置泵异常,出现类似的情况,需专业人士对仪器进行拆卸,解决相应的问题。

其次,打开电脑或者数采系统内部的数据,分析数据是否存在异常(包括量级、时间序列等),若软件显示数据震荡过于频繁,可尝试进行手动做零标和跨标看能否解决问题,经过校准后若还出现类似的问题,可能与仪器的感应元件有关,如臭氧的灯泡老化等,此时也应该交由专业人员进行维修处理。

第三,对于自动进行校准的仪器,如 CO 分析仪,需留意观察其每小时自动标零基线是否基本稳定,因为 CO 的仪器对于压力和温度敏感,需保持室内温度恒定,不应有较大波动。

第四,耗材的更换,包括观察样气接口处的滤膜是否变脏,干燥剂是否失效(针对氮氧化物分析仪),如果滤膜变脏,应将滤膜装置的部件取下,去除受污染的滤膜,并重新装上新滤膜后,接回仪器上。采用的干燥剂一般为变色硅胶,干燥的硅胶为紫色或者深蓝色,受潮的硅胶为粉色,当干燥剂瓶内的硅胶变色量超过 $2/3$ 的时候应予以更换。

2. 黑碳仪观测实验(重点参考李礼等,2012)

首先,打开仪器电源开关,如果开关红色指示灯亮,说明电源模块正常;打开电源开关,仔细观察显示屏,屏幕背景光亮,并显示软件编号,然后满屏显示“Magee Scientific”,则说明显示屏正常。

其次,继续观察显示屏,屏幕左上角光标闪动,这时仪器正在载入程序,几秒钟后,屏