

环境保护知识丛书



环境监测仪器 使用与维护

(第二版)



易洪佑 梁泽斌 编著
冶金工业出版社

全国“星火计划”丛书

环境保护知识丛书

环境监测仪器使用与维护

(第二版)

易洪佑 梁泽斌 编著

北 京

冶金工业出版社

1999

内 容 提 要

本书较系统、全面地介绍了常用环境监测仪器的原理、使用及维护。全书共分四章，分别介绍了大气和烟气监测仪器、水质监测仪器 and 通用监测分析仪器，以及监测实验室常用的其他辅助仪器。附录中还介绍了监测分析仪器中的一些常见名词术语。书中对一些较为复杂的仪器列出了日常维护项目、常见故障及排除方法。对校正仪器所需的标准溶液也给出了目前常用的配制方法。

本书力求深入浅出、通俗易懂，适于从事环境监测和化学分析的广大技术人员阅读，也可供有关管理干部和大专院校学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境监测仪器使用与维护/易洪佑，梁泽斌编著. —2版

北京：冶金工业出版社，1999.1

(环境保护知识丛书)

ISBN 7-5024-2263-3

I. 环… II. ①易…②梁… III. 环境监测-监测器-基本知识 IV. X85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 25402 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009)

责任编辑 张维真 美术编辑 熊晓梅 责任校对 栾雅谦 责任印制 李王山

北京梨园彩印厂印刷，冶金工业出版社发行，各地新华书店经销

1999 年 1 月第 2 版，1999 年 1 月第 2 次印刷

850mm×1168mm 1/32；6.125 印张；159 千字；183 页；4001-8000 册

12.00 元

(本社图书如有印装质量问题，本社发行部负责退换)

《全国“星火计划”丛书》编委会

顾 问：杨 浚

主 任：韩德乾

第一副主任：谢绍明

副 主 任：王恒璧 周 谊

常务副主任：罗见龙

委 员(以姓氏笔画为序)：

向华明 米景九 达 杰 (执行)

刘新明 应曰珽 (执行) 陈春福

张志强 (执行) 张崇高 金 涛

金耀明 (执行) 赵汝霖 俞福良

柴淑敏 徐 骏 高承增 蔡盛林

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《全国“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《全国“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

第二版前言

环境问题与资源、人口问题已被国际社会公认为是影响 21 世纪可持续发展的三大关键问题。随着二十几年来我国经济的高速发展和人民生活水平的不断提高, 污染物排放量迅速增加, 环境污染已成为制约我国经济与社会的进一步发展及人民生活与健康水平进一步提高的重大因素。我国早将保护环境确定为一项基本国策, 并制订了经济建设、城乡建设和环境建设同步规划、同步实施、同步发展, 实现经济效益、社会效益和环境效益相统一的方针。近年来, 我国人民的环境意识普遍提高, 保护、治理、改善环境的重要性已得到全社会的共识, 环保工作者更是责无旁贷。因此, 广大环保管理工作、环保技术人员和技术工人, 以及社会各界人士有必要进一步了解学习和掌握环境保护的基础知识和基本技能, 本丛书正是为适应这一需要而编写的。

本丛书第一版出版于 80 年代, 出版后受到了广泛好评。由于近几年来环保理论与技术又有了新的发展, 有关法规与标准也有所修改, 为此, 我们对丛书作了必要的修订。本丛书属于技术普及性读物, 在内容上力求做到理论与技术相结合, 理论与实际相结合, 并重在实际应用, 尽可能回答生产实践中经常遇到的种种问题; 在编写风格上, 则尽可能做到语言简练, 深入浅出, 概念明确, 内容翔实。全套丛书包括八个方面: 环境工程入门、工业烟气净化、除尘装置与运行管理、工业废水处理、固体废物的处理与利用、工业噪声与振动控制、环境污染物监测, 以及环境监测仪器使用与维护。

参加本丛书编写与再版修订工作的有 (以姓氏笔画为序): 王檣、台炳华、张殿印、陈康、陈尚芹、易洪佑、徐世勤、黄西谋、崔志澂、梁泽斌、董保澍。丛书由张殿印、陈康总编。

1998 年 8 月

目 录

第一章 大气和烟气监测仪器.....	(1)
第一节 一氧化碳和二氧化碳监测仪器.....	(1)
第二节 二氧化硫监测仪器	(14)
第三节 氮氧化物监测仪器	(31)
第四节 氧监测仪器	(47)
第五节 飘尘监测仪器	(64)
第六节 大气监测仪器的校准设备	(76)
第七节 汽车排气测定仪器	(97)
第二章 水质监测仪器.....	(103)
第一节 自动水质采样器.....	(103)
第二节 电导仪.....	(104)
第三节 酸度计.....	(109)
第四节 离子计.....	(112)
第五节 溶解氧测定仪.....	(119)
第六节 浊度计.....	(123)
第七节 油分测定仪.....	(127)
第八节 生化需氧量 (BOD) 测定仪	(131)
第九节 化学需氧量 (COD) 测定仪	(135)
第十节 总有机碳 (TOC) 测定仪	(141)
第十一节 总需氧量 (TOD) 测定仪	(145)
第三章 通用监测分析仪器.....	(154)
第一节 气相色谱仪.....	(154)
第二节 离子色谱仪.....	(158)
第三节 原子吸收分光光度计.....	(163)
第四节 快速流动式自动化学分析仪.....	(169)
第四章 监测实验室常用的其他仪器.....	(174)

第一节	交流电子稳压器.....	(174)
第二节	干燥箱.....	(176)
第三节	记录仪.....	(177)
第四节	直流电位差计.....	(179)
附录	常用名词术语.....	(182)

第一章 大气和烟气监测仪器

第一节 一氧化碳和二氧化碳监测仪器

大气中一氧化碳的本底含量约为 $8 \times 10^{-6}\%$ 。而城市局部受污染地区的空气中的一氧化碳含量可达 $5 \times 10^{-3}\%$ ，发动机排出的废气及烟道气中的一氧化碳含量也高达 12% ，甚至 20% 。通过大气污染监测和燃烧效率控制所测定的二氧化碳含量分别为千分之几或 $10\% \sim 25\%$ 。能满足这些量程的自动监测仪器中，最常用的是不分光吸收式红外线气体分析器和电位法气体分析器。

一、不分光式红外线气体分析器

(一) 基本原理和结构

红外线气体分析器利用被测气体对红外光的特征吸收来进行定量分析。当被测气体通过受特征波长光照射的气室时，被测组分（即一氧化碳或二氧化碳）吸收特征波长的光。吸收光能的多少，与样品中被测组分浓度有关。对于特征波长光辐射的吸收，透射光强度与入射光强度、吸光组分浓度之间的关系遵守比尔定律

$$I = I_0 e^{-kcl} \quad (1-1)$$

式中 I ——透射的特征波长红外光强度；

I_0 ——入射的特征波长红外光强度；

k ——被测组分对特征波长的吸收系数；

l ——入射光透过被测样品的光程；

c ——样品中被测组分的浓度。

在红外线气体分析器中，红外辐射光源的入射光强度不变，红外线透过被测样品的光程不变，且对于特定的被测组分，吸收系数也不变，因此透射的特征波长红外光强度仅是被测组分的函数，故通过测定透射特征波长红外光的强度即可确定被测组分的浓

度。

红外线气体分析器由红外光源、切光器、气室、光检测器及相应的供电、放大、显示和记录用的电子线路和部件组成。一氧化碳和二氧化碳红外线分析器的光源是直径约 0.5mm 的镍铬丝。此镍铬丝被 $1.3\sim 5\text{A}$ 电流加热到 $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。这样的光源所辐射出的红外线波长范围约为 $2\sim 10\mu\text{m}$ 。红外线辐射光经反射抛物状面会聚成平行光射出，透过气室后，照射到检测室内。平行射出的红外光在到达气室前，受切光器切割调制成断续的交变光，从而获得交变信号，减少信号源漂移。切光器是同步马达带动的切光片，它以 12.5r/s 的速度转动。气室包括测量气室和参比气室。测量气室中连续通过被测气体；而参比气室中则充以不吸收被测组分的特征红外光的气体，并被密封。气室壁的光洁度对仪器的灵敏度影响很大，这是因为相当大的一部分光要经过气室壁的多次反射才能到达接收器。光洁度高的室壁具有良好的反射系数，光强损失较少。为此，气室内壁通常在抛光后镀一层金。气室内径一般取 $20\sim 30\text{mm}$ ，而气室长度在很大程度上取决于被测组分的浓度范围。仪器组成如图 1-1 所示。

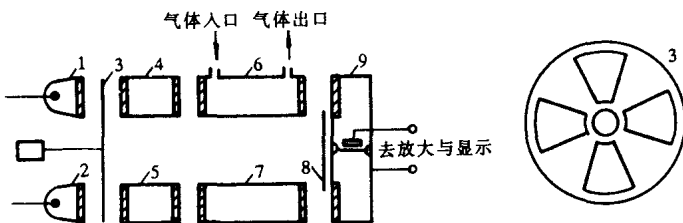


图 1-1 红外线气体分析器的基本组成

- 1、2—红外光源；3—切光片；4、5—滤光器（气室）；6—测量室；
7—参比气室；8—使两光路平衡的遮光板；9—薄膜电容微音器

一氧化碳和二氧化碳红外线分析器的光检测器是薄膜电容微音器。这种接收器的最大优点是抗干扰组分影响的能力强，其结

构如图 1-2 所示。在检测室内装有铝箔动极和铝合金圆柱体定极，

构成薄膜可变电容器。在两极上加有稳定的直流电压。电容的薄膜把检测室内腔分成容积相等的两个吸收室，吸收室内充满待测气体组分。测量光束和参比光束分别射入两个接收室。作为电容动片的铝箔厚约 $5\sim 10\mu\text{m}$ ，动片与定片间距离为 $0.05\sim 0.08\text{mm}$ ，组成的电容容量为 $50\sim 100\text{pF}$ 。为使被动片薄膜隔开的两个吸收室

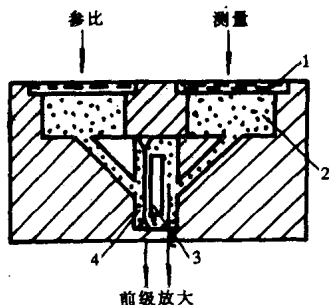


图 1-2 薄膜电容微音器

1—窗口晶片；2—待测组分气体；
3—定片；4—薄膜动片

气体静压平衡，设计了一个直径为百分之几毫米的微孔。红外光束射入接收室后，被其中的待测组分吸收，使气体温度升高，从而内部气压升高。测量光束和参比光束平衡时，两边的压力相等，动片薄膜维持在平衡位置。当测量气室中有待测组分时，透过参比气室的红外光辐射仍保持不变，而透过分析测量气室的红外光，由于待测组分的吸收而减弱。因此，到达接收室的红外辐射就减少了，致使这一边的温度降低，压力减少。由于这两边接收室的压力不平衡动片，薄膜移动，改变了微音电容两极距离，也就改变了电容量 C 。由于

$$C = K \frac{\epsilon A}{D} \quad (1-2)$$

于是

$$\frac{dC}{dD} = -K \frac{\epsilon A}{D^2} \quad (1-3)$$

式中 A —— 电容极板面积；

D —— 薄膜动极与固定电极间距离；

ϵ —— 气体介电常数；

K —— 比例系数。

上式表明,电容量的变化与极间距离 D 的平方成反比。因此,减少距离可以提高灵敏度。待测组分在气体中的浓度越大,透过参比气室和测量气室的光强差也越大,从而接收室气压差越大,电容量的改变量也越大。这个电容量的变化就可指示气样中待测组分的浓度。

由于入射的红外光是用切光片调制的,故光线被调制后,薄膜电容器的电容量就按光调制频率作周期性变化。又由于薄膜电容极间加有电压,所以电容也就按这个频率周期性地充电和放电。充电和放电的电流大小取决于电容量变化的幅度,这个充放电电流被送到高输入阻抗前置放大器,随后由主放大器放大,最后由记录器显示和记录下来。

薄膜微音电容的充放电电信号很微弱,并且有很高的输出阻抗。电容量为 50pF 的微音电容,在 6Hz 工作频率下(即切光片以 12Hz 频率转动时)的阻抗为(单位为 Ω)

$$Z_C = (2\pi fC)^{-1} = 5.3 \times 10^8$$

因此,要求前置放大器有高输入阻抗。为了尽量减少电磁干扰的影响,前置放大器被紧贴在接收器壳体上,信号端直接与微音电容相连;整个线路有良好的电磁屏蔽,内部保持清洁、干燥,以减少漏电。前置放大器的工作原理如图 1-3 所示。微音电容器两端通过电阻 R 加上一个直流电压 U ,即极化电压,此时,电容量为 C 的微音电容上的电量为

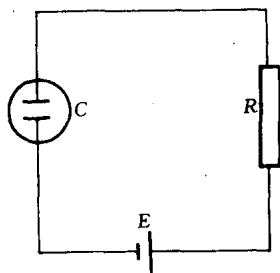


图 1-3 前置放大器的工作原理

C —微音电容; R —高阻;
 E —电源

$$Q = UC \quad (1-4)$$

因此,电容器的充电电流 i 为

$$i = \frac{dQ}{dt} = U \frac{dC}{dt} \quad (1-5)$$

为了获得较大信号并使微音电容器稳定工作,需使极化电压 U 极其稳定,而加极化电压的高阻 R 设计为 $10^9\Omega$ 。主放大器为普通的选频放大器,无特殊要求。

红外线气体分析器结构上最关键的部分是整个接收器。其中,薄膜微音电容的动片与接收器的壳体相连,而定片与壳体绝缘,绝缘材料是可获得大于 $10^{10}\Omega$ 绝缘电阻的高铝陶瓷。内部不洁与潮湿会使绝缘电阻达不到要求。电容动片薄膜要安装得松紧适度,太紧会使灵敏度降低。接收器安装好后,在 133.32Pa 表压下试漏。为了保持接收器内部清洁,除经严格清洗外,所用的密封材料应均不可吸附和释放气体。

红外线气体分析器中所有的气室和接收器的窗口材料为氟化锂或氟化钙。这些材料有良好的红外线透光性能,但机械性能差,易磨损,并可慢溶于水。因此,在使用时要特别注意。

(二) 使用和维护

监测大气和烟气中一氧化碳、二氧化碳的红外线分析器,都是在常压下使用的,红外线分析器的气样出口都是通大气的。不论应用何种,都必须注意保证使仪器获得具有代表性的样品。在分析烟道气时,原始气流又热又潮,还可能有特殊物质,应特别注意避免特殊物质冷凝、沉积在分析器的气室窗口上。因此,仪器的使用应与取样技术结合起来。

取样系统一般包括杂质过滤、干燥、压力控制和流量控制等。对于高温烟道气还需有冷却装置。取样系统的组成应视被监测的环境、背景条件而定。图 1-4 为一典型正压取样系统;图 1-5 为一典型的负压取样系统。分析器取用的气样流量为 $0.5\text{L}/\text{min}$ 。取样系统的有效性对仪器正常运行具有重要作用。任何灰尘或水气在测量气室中的沉积或冷凝都会给仪器零点稳定性及测量精度带来不良影响,甚至使仪器不能工作。因此,要定期清洗和更换取样系统的有关部分,以维护取样系统的清洁和有效性。

红外线气体分析器投入正常工作以后,每周至少要用标准气样校准刻度一次,以确保仪器分析的准确性。所用的标准气样可

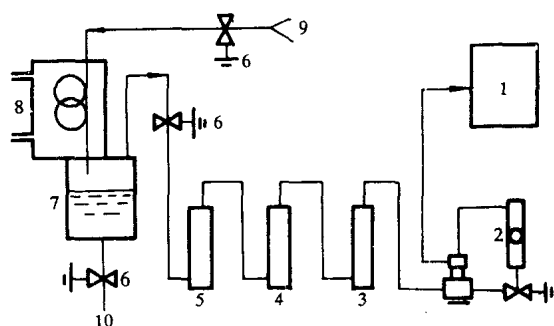


图 1-4 正压取样系统

- 1—气体分析器；2—流量控制器；3—干燥器；4—化学过滤器；
5—机械过滤器；6—阀；7—气水分离器；8—冷却器；
9—烟道气入口；10—冷凝水出口

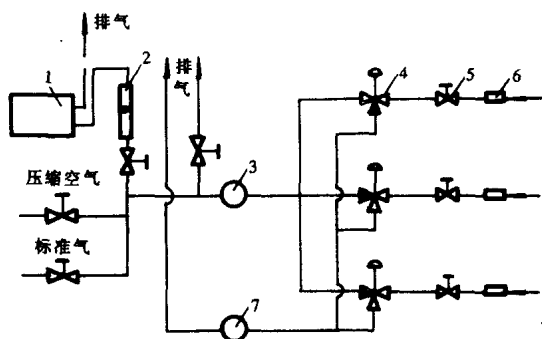


图 1-5 负压取样系统

- 1—分析器；2—流量计；3—样品泵；4—三通电磁阀（涂黑处表示不通）；
5—节流阀；6—过滤器；7—旁通泵

以是标准混合气制造部门提供的钢瓶装标准气，也可以是临时以动态法或静态法制备的标准气样。标定分析器时，要先校正仪器的零点和终点。校正零点用的标准零点气就是纯氮。校正终点所用的终点气应尽量接近仪器的满量程标度。已知标准气的精度比

仪器的精度高 3 倍，即标准气的分析误差不超过仪器测量误差的三分之一。若零点和终点与标准样品的指定值之间有较大偏差，则要在反复通入零点气与满量程标准气情况下，反复调整仪器的灵敏度调节旋钮，反复校正零点和终点，直到零点和终点的指示值符合要求为止。这是由于调节零点和终点互相关联、相互影响。必要时，即不能达到满量程时，也可以调整主放大器的放大器灵敏度调节旋钮。

检测器是仪器的主要部件之一，如果怀疑检测器绝缘不好，可用万用表或高阻计测试，不允许用摇表测试。检测接收器上的接点，不能用烙铁去熔锡，以防破坏内部密封。

仪器的光学系统应保持清洁，不能直接用手擦拭。如反射镜被玷污，可以用长纤维棉花球蘸无水乙醇擦洗。接收器和气室的窗口只能用高级光学镜头纸擦拭。测量气室可用无水乙醇冲洗。

红外光源灯丝的位置是调定的，不要随意触动。两个灯丝是经老化后按形状、电阻值和辐射光来选择配对的，不得随意更换。

仪器的转动部分是切光器，它的马达单向转动，不得强行倒转，以免造成损坏。对切光片的轴承可以定期加注润滑油以维护其良好的转动性能，仪表润滑油以每半年加一次为宜。

仪器长期使用或保管不当，都可能使仪器发生故障。常见的故障及其排除方法列于表 1-1 中。

**表 1-1 一氧化碳、二氧化碳红外线分析器的
常见故障及其排除方法**

故障现象	可能原因	排除方法
接通电源后，指示灯不亮，仪器不工作	电源接线或电缆断路 保险丝熔断 仪器内部电源变压器断路	接好电源电缆 更换相应的保险丝 检查证实后修理或更换
接通电源后，仪器开始运行，指示灯不亮	指示灯泡已损坏	更换相同规格的指示灯

续表 1-1

故障现象	可能原因	排除方法
仪器启动后, 无信号	光源灯丝烧断 光源供电故障 放大器故障 电子部件全部正常时, 即可断定是检测器灵敏度低, 致使无指示, 最可能是检测器接收室漏气	更换红外光源灯丝 检查光源供电部件 先检查并排除接点脱焊, 然后检查损坏的元件, 证实是放大器故障后最好更换 将检测器重新密封, 在漏气严重的情况下, 应更换
工作过程中, 指示值突然降为零	切光马达停转或切光片脱落 光源灯丝烧断	检查切光片, 若证实是马达发生故障, 应予更换或拆下清洗检修 更换
仪器的指示值大幅度摆动	薄膜微音器被击穿 放大器中有元件损坏 接插体或接线接触不良 光源电流不稳	更换 检查、证实元件损坏, 应予更换 检查光源供电稳定性
指示值漂移太大	主机密封性不好, 受环境影响 工作气室有污染 工作气室或参比气室漏气 光路调整有误 电源频率不稳 环境温度变化太大	检查主机大门 清洗 检漏, 重新粘接密封(可用6109胶)或更换 按说明书调整光路 加接稳频装置供电 改善环境条件

续表 1-1

故障现象	可能原因	排除方法
仪器指示晃动	插头或印刷板接触不良 微音器薄膜松动或击穿	检查, 安装复原 用万用表或高阻计检查、 更换
	晶体表面有灰尘	除去晶片(窗口)表面灰 尘, 方法是用蘸过无水乙醇- 乙醚混合液的棉花球朝一个 方向擦洗晶片
	仪器接地不良	改善接地
	窗口晶片表面有玷污 光源抛物面反射镜有玷污 光源或检测器故障 放大器故障	清理(方法同前) 小心取出, 用脱脂棉蘸少 许无水乙醇-乙醚混合液擦 洗, 然后在 70℃ 左右的烘箱 中烘干, 复原安装 若用纸片挡住两路光源 后, 指示值为零, 即可证实 检修光源部分和检测器部 分或更换 若用纸片挡住两路光线, 指示值仍不回零, 则可证实。 检修或更换
仪器的灵敏度 明显下降	检测室漏气 参比室漏气 放大器损坏	检修
仪器指示值有 突跳	光源电源不稳 切光马达转动均匀 外电源电压过高或过低 记录仪表滑线盘脏污	检查光源供电 清洗或更换, 检查转动部 分润滑情况 外接稳压电源供电 用无水乙醇擦洗
仪器噪音极大, 在上述各项修理 后, 光路失去平衡		重新调校仪器