

◆ 环境保护知识丛书 ◆

环境监测仪器使用与维护

易洪佑 梁泽斌 编著

冶金工业出版社



环境保护知识丛书

环境监测仪器使用与维护

易洪佑 梁泽斌 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书较系统、全面地阐述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，适于广大从事环境监测和化学分析的技术人员阅读，也可供有关管理干部和大专院校学生参考。

环境保护知识丛书 环境监测仪器使用与维护

易洪佑 梁泽斌 编著

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街葛城院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 $6\frac{1}{8}$ 字数 159 千字

1989年6月第一版 1989年6月第一次印刷

印数00,001~4,000册

ISBN 7-5024-0281-0

X·10 定价3.05元

前 言

随着工业的迅速发展和城市人口的集中，人们在生产和生活中排放的各种污染物越来越多，污染物对人类环境的影响日趋严重。环境问题成为当今世界所面临的重大问题之一。保护环境是我国一项基本国策。1983年第二次全国环境保护会议，明确提出了我国到本世纪末的环境保护的奋斗目标：力争全国环境污染基本得到解决，自然生态基本恢复良性循环，城乡生产生活环境清洁、优美、安静，全国环境状况基本上能够同国民经济的发展和人民物质文化生活的提高相适应。为了实现这个目标，广大环保管理工作、环保技术人员和技术工人学习和掌握环境保护基础知识和基本技能是十分必要的。本丛书就是为了适应广大环境保护工作者的需要而编写的。

本丛书属于知识性科技读物。在内容上，力求做到知识性和技术性相结合，理论与实际相结合，并尽可能回答生产实践中经常遇到的种种实际问题。在写法上力求语言精练，深入浅出，概念明确，内容丰富。全套丛书包括八个方面的内容：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、固体废物处理与利用、工业噪声与振动控制、环境污染物监测和环境监测仪器使用与维护等。在每册书的最后，附有有关的标准和技术数据，以供读者参考、使用。

参加本丛书编写工作的有：（姓氏笔画为序）王檣、易洪佑、台炳华、陈康、陈尚芹、何为庆、张殿印、徐世勤、梁泽斌、黄西谋、崔志激和董保澍等同志。全书由陈康、张殿印总编。

由于环境保护涉及许多学科和领域，而编者的知识水平和实践经验有限，书中肯定存在不少缺点或不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

一九八六年十月

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	32
第四节 氧监测仪器	46
第五节 飘尘监测仪器	67
第六节 大气监测仪器的校准设备	80
第七节 汽车排气测定仪器	101
第二章 水质监测仪器	108
第一节 自动水质采样器	108
第二节 电导仪	109
第三节 酸度计	114
第四节 离子计	117
第五节 溶解氧测定仪	128
第六节 浊度计	131
第七节 油份测定仪	135
第八节 生化需氧量 (BOD) 测定仪	139
第九节 化学需氧量 (COD) 测定仪	143
第十节 总有机碳 (TOC) 测定仪	149
第十一节 总需氧量 (TOD) 测定仪	154
第三章 通用监测分析仪器	162
第一节 气相色谱仪	162
第二节 离子色谱仪	166
第三节 原子吸收分光光度计	170
第四章 监测实验室常用的其他仪器	179
第一节 交流电子稳压器	179

第二节 干燥箱.....	180
第三节 记录仪.....	182
第四节 直流电位差计.....	184
附录 常用名词术语	187
参考文献	188

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0.08 ppm。而城市局部受污染地区的空气中的一氧化碳含量可达50 ppm，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%。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10~25%。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

1. 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的光照射的气室时，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：

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

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；且对特定的被测组分，吸收系数 a 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 0.5 毫米的镍铬丝。此镍铬丝被 1.3~5 安电流加热到 600~1000℃。这样的光源所辐射出的红外线波长范围约为 2~10 微米。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 12.5 周/秒的速度转动。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，并予以密封。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 20~30 毫米，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。

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 5~10 微米，动片与定片间距离为 0.05~0.08 毫米，组成的电容容量为 50~100 微微法。为使被动片薄膜隔开的两个吸收室气体静压平衡，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

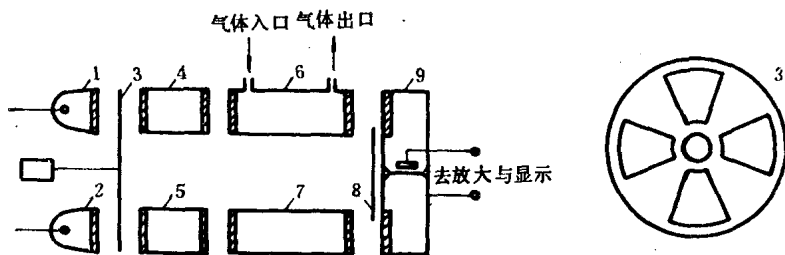


图 1-1 红外线气体分析器的基本组成

- 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—调两光路平衡的遮光板；9—薄膜电容微音器

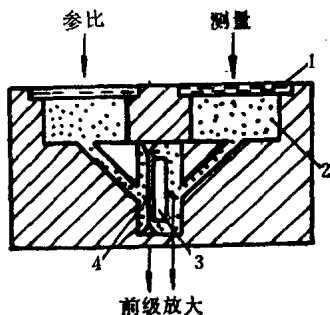


图 1-2 薄膜电容微音器

- 1—窗口晶片；2—待测组分气体；3—定片；4—薄膜动片

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, 接收室气压差越大, 使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流信号很微弱, 并且有很高的输出阻抗。电容量为50微微法的微音电容, 在6赫工作频率下(即切光片以12赫频率转动时)的阻抗为:

$$Z_C = (2\pi f C)^{-1} = 5.3 \times 10^8 \text{ (欧)}$$

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

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

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 欧。主放大器为普通的选频放大器，无特殊要求。

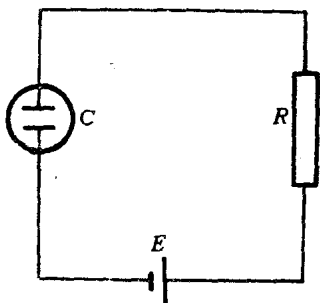


图 1-3 前置放大器的工作原理

C — 微音电容； R — 高阻； E — 电源；

红外线气体分析器结构上最关键的整个接收器。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} 欧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 133.32 帕（760 毫米汞柱）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。

2. 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，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。对高温烟道气还需有冷却装置。取样系统的组成应根据被监测的环境、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升/分。取样系统的有效性对仪器正常运行具有重要作用。任何灰尘或水汽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。

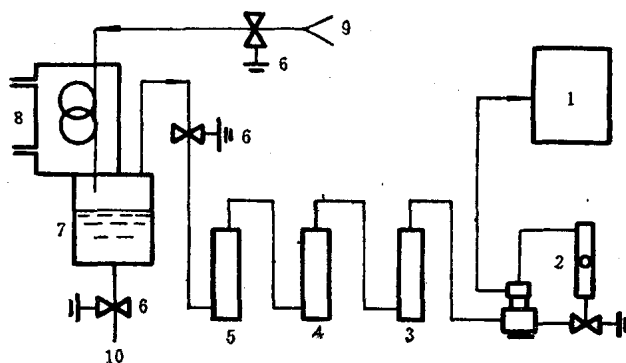


图 1-4 正压取样系统

- 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

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三倍，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下，反复调整仪器的灵敏

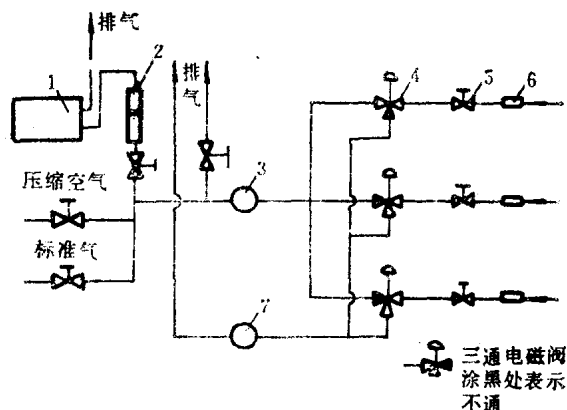


图 1-5 负压取样系统

1—分析器；2—流量计；3—样品泵；4—电磁阀；5—节流阀；
6—过滤器；7—旁通泵

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连、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。如反射镜被沾污，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。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。

仪器使用日久或保管不当，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
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

续表 1-1

故 障 现 象	可 能 原 因	排 除 方 法
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
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 晶体表面有灰尘 仪器接地不良	检查, 安装复原 用万用表或高阻计检查、更换 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 改善接地
	窗口晶片表面有沾污 光源抛物面反射镜有沾污 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

附表 1-1

故 障 现 象	可 能 原 因	排 除 方 法
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	检查光源供电 清洗或更换, 检查转动部分 润滑 外接稳压电源供电 用无水乙醇擦拭
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

3. 仪器的调校 在仪器初次启动或长期搁置后又重新启用前, 要先对仪器进行检验和调整。调整完成后, 还要给仪器预热并稳定一段时间, 经重新校正零点后, 才能投入使用。调整的内容和步骤如下:

1) 在整个调整过程中, 仪器要通入零点气。
2) 仪器接通电源后, 调灵敏度、零点调节和光路平衡三个旋钮到最小值, 然后将光路平衡旋钮调节放在中值上, 使仪器指零。

3) 调节灵敏度旋钮, 使仪器指示值在中部。
4) 调节光路平衡旋钮直到仪器指示值降到最小值为止。
5) 进行相位调节, 转动光源位置调节螺杆使仪器指示值不再继续降低。

6) 重复上述各步, 反复进行调整, 直到灵敏度旋钮调节到可以将仪器指示值降到不能再小为止。

以上步骤一般不用重复进行。

7) 关上仪器机门, 再仔细调节光路平衡旋钮, 仪器指示值不再降低后, 重新调光路平衡旋钮, 使仪器指示值为全量程的 20~30%。这时, 参比光路的光强可确保大于测量光路的光强。

8) 如果上述调整良好, 则向仪器通入含被测组分的气体。仪器指示值应单调上升, 否则表明光路调整不正确, 应重新重复上述各调整步骤。

9) 上述调整结束后就可以进行仪器的零点和满刻度调整。先调节零点调节旋钮使仪器指示为零。然后向仪器供给流量为0.5升/分的被测组分标准气, 仪器的指示应与标准气浓度标准值一致。如指示值不对, 则需调节灵敏度调节旋钮。灵敏度调节与零点调节相互关连, 因此要反复调整, 直到零点和满刻度指示值符合要求为止。

10) 调校完成后, 将仪器预热稳定4个小时, 就可以投入正常运行。

二、电导法—氧化碳气体分析器

1. 基本原理和结构 电导法气体分析器是用测定溶液电导的方法来确定物质质量的。

若在电解质溶液中插入一对电极, 并在外电路接入电源, 则电流在两极板间的溶液通过。若电极的面积为 A , 两电极之间的距离为 L , 则溶液的电导 G 可用下式表示:

$$G = \gamma \frac{A}{L} \quad (1-6)$$

式中 γ ——溶液的电导率。

1 克当量电解液全部放在相距1厘米的两电极间所得的电导称为溶液的当量电导 λ 。当量电导与电解质的性质有关, 也与溶液浓度有关。较稀溶液具有较大的当量电导。当量电导与溶液电导率有如下关系:

$$\gamma = \lambda \frac{C}{1000} \quad (1-7)$$

式中 C ——溶液的当量浓度。

由公式 (1-6) 和 (1-7) 可以得到:

$$G = C \frac{\lambda A}{L \times 1000} \quad (1-8)$$