

疾病预防控制专业人员培训系列教材

疾病预防控制机构 实验室设备操作和使用



齐小秋 主编



人民卫生出版社

疾病预防控制中心

实验室设备操作和使用

策划编辑 王凤丽
责任编辑 樊京娜
封面设计 郭 森
版式设计 盖 伟
责任校对 屈彦莉

ISBN 978-7-117-10672-6



9 787117 106726 >

定 价：26.00 元

疾病预防控制专业人员培训系列教材

疾病预防控制机构实验室 设备操作和使用

主编 齐小秋

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

疾病预防控制中心实验室设备操作和使用/齐小秋主编.
—北京: 人民卫生出版社, 2008. 11
ISBN 978-7-117-10672-6

I. 疾… II. 齐… III. ①传染病防治-实验室设备-
操作②传染病防治-实验室设备-使用 IV. R183-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 152236 号

疾病预防控制中心实验室设备操作和使用

主 编: 齐小秋
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)
地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼
邮 编: 100078
网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)
E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)
购书热线: 010-67605754 010-65264830
印 刷: 北京汇林印务有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 705×1000 1/16 印张: 10.75
字 数: 180 千字
版 次: 2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-10672-6/R · 10673
定 价: 26.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

《疾病预防控制中心实验室设备操作和使用》编委会

主 编 齐小秋

副主编 康均行 刘衡川

主要编写人员(按姓氏笔画排序)

王名佩	王坚民	毛素玲	文湘闽	邓明智	付 松
冯子男	朱 俊	刘兆炜	刘德明	汝 玲	孙成均
杜洪凤	李 平	李 红	李天舒	李长虹	杨 松
吴先萍	吴建林	何树森	余 欣	余 倩	张 炯
张成云	张明成	张佳珂	张朝武	陈 智	陈剑宇
林世华	罗隆泽	周争松	郑邦健	胡 彬	徐先顺
高 原	唐明钢	彭科怀	童文彬	曾秀诗	赖发伟
雍 莉	谭利民				

前 言

为进一步加强和完善疾病预防控制机构能力建设,中央财政安排专项资金支持中西部地区和辽宁省、新疆生产建设兵团疾病预防控制中心实验室建设,为加强疾病预防控制机构能力建设提供了一次难得的发展机遇。

为做好地、县级疾病预防控制中心实验室专业技术人员的培训工作和实验室的科学管理与建设工作,充分发挥实验室检验设备的作用,卫生部疾病预防控制局委托四川省疾病预防控制中心和四川大学华西公共卫生学院联合编制了《疾病预防控制机构实验室设备操作和使用》教材及其配套教学片。

本教材重点介绍中央财政转移支付疾病预防控制中心实验室建设项目主要设备的操作与使用,包括仪器的基本原理、结构,仪器的操作使用等内容,着重介绍了仪器的操作程序、数据读取与处理,仪器安装与工作条件以及仪器使用注意事项和日常维护。

教材由卫生部加强地、县级疾病预防控制中心实验室装备项目专家组负责审定,同时还得到了北京、江苏、浙江、广东等省市疾病预防控制中心相关专家指正,仅供实验室专业人员业务学习和仪器使用时参考,任何单位和个人不得用于任何商业用途。

2008 年 8 月

目 录

第一章	原子吸收分光光度计	1
第二章	原子荧光光谱仪	12
第三章	紫外—可见分光光度计	22
第四章	气相色谱仪	26
第五章	高效液相色谱分析仪	35
第六章	离子色谱仪	45
第七章	微波消解仪	52
第八章	热循环仪及电泳系统	62
第九章	酶标仪	69
第十章	洗板机	73
第十一章	生物安全柜	80
第十二章	压力蒸汽灭菌器	88
第十三章	一氧化碳测定仪	92
第十四章	二氧化碳测定仪	98
第十五章	甲醛测定仪	104
第十六章	空气微生物采样器	108
第十七章	α 、 β 表面沾污测量仪	113
第十八章	紫外线强度分析仪	117
第十九章	防护级 X、 γ 射线剂量仪	123
第二十章	环境级 X、 γ 射线剂量仪	128
第二十一章	臭氧测定仪	132
第二十二章	声级计	134
第二十三章	个人剂量报警仪	159
第二十四章	粉尘采样器	161
第二十五章	气体采样器	164

第一章 原子吸收分光光度计

原子吸收光谱分析技术是 20 世纪 50 年代以后发展起来的一种利用原子吸收光谱进行定性定量分析的仪器分析技术,因其灵敏度高、特异性好、准确度高、分析范围广和简便快速而获得了飞速发展,现已成为一种较为成熟的仪器分析技术。疾病预防控制中心应用该仪器对食品、水、涉水产品、化妆品、生物材料、土壤等样品中的铜、铁、锌、钙、镁、锰、铅等约 70 种元素进行定量分析。

其可分析的元素见图 1-1。

I A	II A	PERKIN-ELMER														III A	IV A	VA	VI A	VII A	0
1 H		Z E 原子号码 元素符号 ○：空气-乙炔火焰 ●：氧化亚氮-乙炔火焰 △：石墨炉法 ▲：氢化物法 □：冷蒸汽技术 ■：间接测定																			2 He
3 Li ○△	4 Be ●△															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na ○△	12 Mg ○△●	III B	IV B	VB	VI B	VII B	VIII B		IB	II B	13 Al ●△	14 Si ●■	15 P ■●	16 S ■	17 Cl ■	18 Ar					
19 K ○△	20 Ca ○△●	21 Sc ○●	22 Ti ○●	23 V ○△	24 Cr ●△○	25 Mn ○△	26 Fe ○△	27 Co ○△	28 Ni ○△	29 Cu ○△	30 Zn ○△	31 Ga ○△	32 Ge ○△▲	33 As ○△▲	34 Se ○△▲	35 Br ○△▲	36 Kr				
37 Rb ○△	38 Sr ○△●	39 Y ○△	40 Zr ●	41 Nb ○●	42 Mo ○△	43 Tc	44 Ru △	45 Rh ○△	46 Pd ○△	47 Ag ○△	48 Cd ○△	49 In ○△	50 Sn ○△▲	51 Sb ○△▲	52 Te ○△▲	53 I ■	54 Xe				
55 Cs ○△	56 Ba ●△	57 La* ○△	72 Hf ●	73 Ta ○	74 W ●	75 Re ○	76 Os ○△	77 Ir ○△	78 Pt ○△	79 Au ○△	80 Hg ○△□	81 Tl ○△	82 Pb ○△▲	83 Bi ○△▲	83 Po ○△	84 At	85 Rn				
87 Fr ○△	88 Ra	89 Ac**																			
		*	58 Ce ○●	59 Pr ○	60 Nd △	61 Pm	62 Sm △	63 Eu △	64 Gd △	65 Tb	66 Dy △	67 Ho ●	68 Er △	69 Tm △	70 Yb △	71 Lu					
		**	90 Th	91 Pa	92 U ○△	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr					

图 1-1 元素周期表

1.1 原理及结构

样品蒸气中被测元素的基态原子对同种元素原子发射的特征波长光波具有吸收作用,这种现象叫做原子吸收。利用这一现象对金属元素进行定量分析的方法叫做原子吸收分光光度法。蒸气中基态原子对光吸收的程度是和蒸气中基态原子的密度(N)及光通过基态原子的光程长度(L)成正比;如果固定光程长度(L),并保持其他测试条件不变,那么吸光度 A 就只和蒸气相中待测金属的基态原子浓度(C)成正比,即: $A = KC$;这就是原子吸收分光光度法进行定量分析的理论依据。

根据原子化方式不同,原子吸收分光光度法分为火焰原子吸收分光光度法、石墨炉原子吸收分光光度法和氢化物发生原子吸收分光光度法。图 1-2 是火焰原子吸收分光光度法的原理示意图。

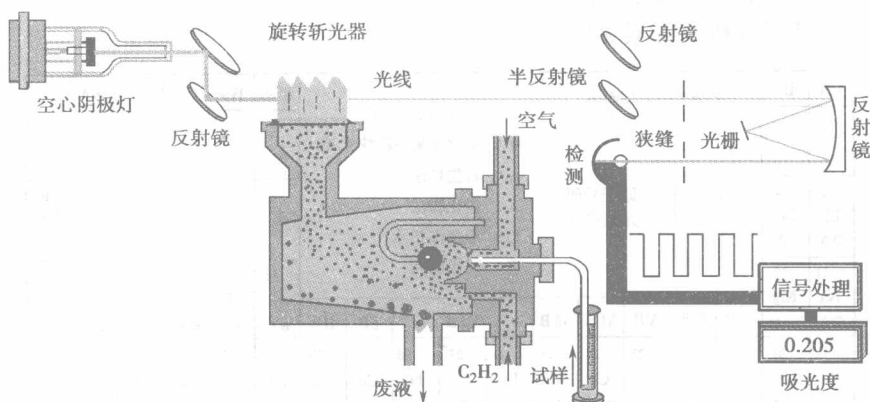


图 1-2 火焰原子吸收分光光度法原理示意图

原子吸收分光光度计的基本结构如图 1-3 所示。一般由锐线光源、原子化系统、单色器(分光系统)、检测器及数据处理显示系统组成。

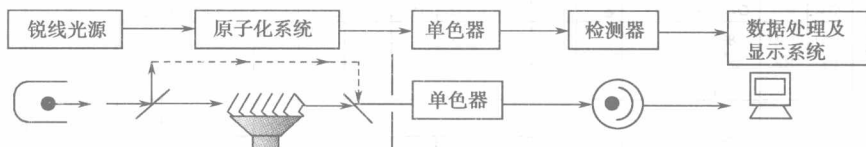


图 1-3 原子吸收分光光度计的结构示意图

下面简单介绍各部分的作用:

1.1.1 锐线光源 锐线光源是用来发射原子吸收特征谱线的,可用空心阴极灯、无极放电灯发射锐线光源,其中以空心阴极灯最为常用。

图 1-4 是空心阴极灯构造图。空心阴极灯是一种辐射强度大而稳定的锐线光源,为低压辉光放电。现有单元素灯、多元素灯和高强度灯。灯的质量可由发射强度、背景强度、稳定性、噪声及寿命来评价。

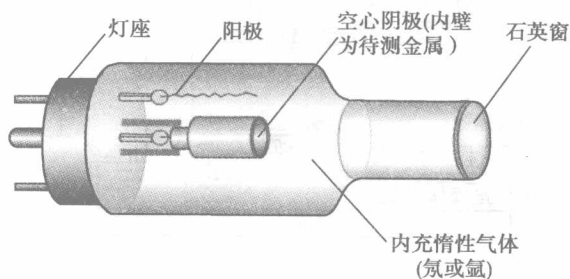


图 1-4 空心阴极灯构造图

空心阴极灯强度依赖于灯电流。对一个性能好的灯来说,应该在较小的灯电流下,有较大的发光强度。

1.1.2 原子化系统 原子化系统可分为火焰原子化系统、石墨炉原子化系统和氢化物发生原子化系统。

1.1.2.1 火焰原子化器(吸收法) 通过火焰进行原子化,常用有空气/乙炔焰、笑气/乙炔焰等。用于测定钾、钠、钙、镁、锌、铜、铁、锰、铅、银等,灵敏度相对较低,但通过缝管、在线流动注射富集、固相微萃取等技术可更进一步提高灵敏度。该法操作简便,测定快速。图 1-5 为火焰原子化示意图。

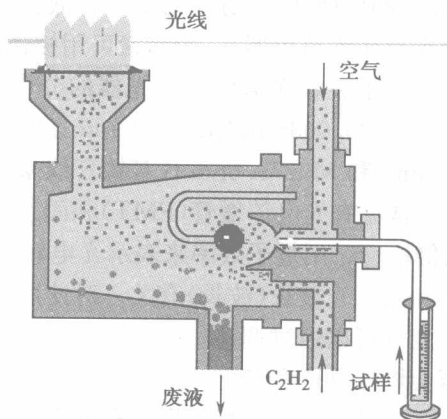


图 1-5 火焰原子化示意图

1.1.2.2 石墨炉原子化器(吸收法) 通过加热石墨管进行原子化,常用有传统的纵向加热和现代的横向加热两种方式。用于铅、镉、银、铝、钡、钒、镍、钼、铈等。该法灵敏度高,操作相对复杂一些。图 1-6 是石墨

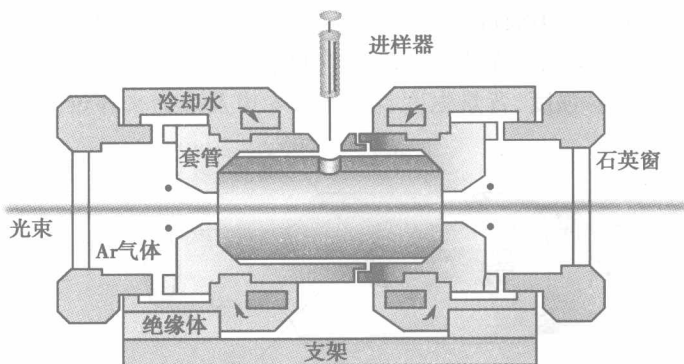


图 1-6 石墨炉原子示意图

炉原子示意图。

1.1.2.3 氢化物发生原子器(吸收法) 通过一些元素在一定条件下与还原剂形成气态的自由原子或氢化物或易挥发的气态化合物与介质分离,然后导入石英管原子化器进行原子化。可用于砷、硒、汞、铅、镉、锑、锡、铊、铋等测定。该法灵敏度高,干扰少。此类氢化物原子化装置,原子荧光光度计不需要。

1.1.3 单色器 即分光系统。分光系统的作用是将欲测的吸收线与其他谱线分开。原子吸收所用的吸收线是锐线光源发出的共振线,谱线比较简单,因此对仪器的色散能力、分辨力要求较低。谱线结构简单的元素如钾、钠,可用滤光片作为单色器,一般元素可用棱镜或光栅分光,现在的仪器以光栅为多。原子吸收光谱仪对分光器的分辨率要求不高,曾以能分辨开镍三线(即 $\text{Ni}230.003\text{nm}$ 、 $\text{Ni}231.603\text{nm}$ 和 $\text{Ni}231.096\text{nm}$)为标准,后采用 $\text{Mn}279.5\text{nm}$ 和 $\text{Mn}279.8\text{nm}$ 代替镍三线来检定分辨率。

1.1.4 检测器 常见有光电倍增管(PMT)和固态检测器。

1.1.4.1 光电倍增管 用量子效率来表示光电转换效率。量子效率与光电阴极的材料和入射光波长(波长)有关。对使用一定的光电倍增管的原子吸收分光光度计可以通过调整负高压来增加光电倍增管的总灵敏度。但过高的电压会增加噪声和暗电流。

1.1.4.2 固态检测器 固态检测器即电荷转移器件(CTD)检测器。其包括电荷耦合器件(CCD)和电荷注入器件(CID)。电荷转移器件具有光谱范围宽、量子效率高、暗电流小、噪声低、灵敏度高、线性范围宽等优点,特别适用于多元素的测定。

1.1.5 数据处理、显示及输出 电信号经测光系统放大、检波后,可分

别采用表头检流计、数字显示器或记录器、打印机等进行读数。新型原子吸收分光光度计均有工作站,其中包含对数转换、自动调零、曲线校直、浓度直读、标尺扩大和自动增益等功能,这些功能提高了仪器的自动化程度。

1.1.6 背景校正 背景校正技术主要有连续光源(氘灯)背景校正、塞曼效应背景校正、自吸效应背景校正等三种技术。

1.1.6.1 氘灯背景校正 氘灯背景校正简单,但扣除能力较低;其测量的是光谱通带内平均背景吸收,与待测元素分析线的真实背景吸收有差异;氘灯只适合短波辐射(200~400nm);灯的寿命较短。

1.1.6.2 塞曼效应背景校正:利用塞曼效应扣除背景,背景扣除能力可达 1.7A;由于塞曼效应很杂,常常会出现校正曲线反转。

1.1.6.3 自吸效应背景校正:又叫 S-H 背景校正(Smith-Hieftje background correction),利用空心阴极灯在高电流下发生自吸或自蚀扣背景,扣背景能力有时可达 3A;可校正光谱干扰和结构背景。但灵敏度降低比较明显。

1.2 安装及工作条件

1.2.1 配电 原子吸收分光光度计对供电要求较高,主机、电脑、打印机等要求电压比较稳定,一般为 220~240V,如果电网电压不太稳定,要求配稳压电源,一般 1kVA(注意不含石墨炉供电)即可。

空压机及空调是一种频繁启动的电器,最好与原子吸收其他配件分共供电。

石墨炉为大功率直流供电,石墨炉加热电源常常是 220V 交流电转换为直流,其瞬间电流可达 60~80A,一般要求用铜芯线,线径大于 4mm²。

建议这三类设备分别接入电网,不共相。

原子吸收分光光度计为大型精密仪器,要求有良好的接地,一般接地电阻应小于 1~10Ω,并需专门的接地线。

1.2.2 配水 石墨炉分析需要专门的冷却水,对没有配置自动循环冷却水系统的设备要求有自来水。建议最好配置专用循环冷却水系统。

1.2.3 配气 火焰法用气需乙炔和空气,或者乙炔、空气和笑气。石墨炉分析需要用到保护气,一般为氩气。

燃气(乙炔)与助燃气(空气)应分开放置。燃气瓶要防泄漏,要注意随时排风。有条件的单位可用单独的气瓶室或气瓶柜,乙炔气需用合格的防爆气瓶柜。

1.2.4 实验台面 承重防震,宽度在 1000~1500mm,长度 2000~2400mm,高度 750~800mm 比较合适,摆放不要靠墙和窗,后面留有 800~1000mm 空间,避免阳光直射。

1.2.5 环境 原子吸收一般工作温度为 10~30℃,相对湿度不超过 80%,应有空调和相应除湿设备。

原子吸收原子化的时候要产生有毒的原子蒸气,应使用排气罩,大小稍宽于原子吸收排气口,高度约在其上 200~300mm,风力以能吸住一张报纸为佳。

防尘:最好是双层玻璃窗,有防尘缓冲间。

具体安装应该参照各仪器的自身要求。

1.3 操作步骤

以火焰法测定铜和石墨炉法测定铅为例。

一个待测元素是选择火焰法来测定还是选择石墨炉法来测定,主要取决于样品中含量和卫生标准限量值。火焰法和石墨炉法的元素测定线性范围见表 1-1,可作为选择方法和配制标准系列的依据。

表 1-1 常见元素火焰和石墨炉标准系列范围

元 素	火焰(mg/L)	石墨炉(μg/L)
钾	0.05~2	
钠	0.05~0.8	
锰	0.05~0.8	5~40
镁、锌	0.05~0.8	
铜、铁	0.25~4	
铅	0.5~10	5~80
镉	0.05~0.8	0.5~4
银	0.05~0.8	5~40
铬	0.25~0.8	10~80
钴		10~80
铝		10~80
钼		20~200
镍		10~80
铈		10~80

样品除干净水样外,绝大多数都要进行前处理。样品前处理一般应遵循简单、高效、环保的原则。常见方法有微波消解、湿消化、干消化直接溶解、酸浸提、冷消化等。如何选择消解方式应根据样品类型,使用仪器、分析元素、样品数量,以及标准方法要求而定。前处理要注意防止样品的损失和污染。空白和回收是检验污染和损失的常见手段之一,空白一般要求三个以上。

标准溶液配制:最好购买国家有证标准溶液作为储备液,再稀释为应用液,最后配成标准系列。原子吸收法常用标准应用液一般在 mg/L 级,用 0.5%~1.0%(v/v)硝酸保存,在密塞冷藏条件下,大多数元素一般保存半年至一年不会发生明显变化。标准系列一般要求除标准空白外 3~5 点。

1.3.1 开机 打开稳压器电源,待电压稳定至 220V,打开主机及计算机、打印机电源。对自动化程度较高的仪器,启动工作站,仪器开始自检。

1.3.2 火焰原子吸收

1.3.2.1 条件设置及仪器调节

1.3.2.1.1 选择所测元素灯(铜),安装到仪器灯座上(注意定位)。调节灯电流至合适大小(3mA)。选择所用测定谱线波长及带宽(324.8nm,0.4nm)。

自动化程度较高的仪器,自动寻峰,并找到最大吸收波长。

对自动化程度不太高的仪器,则加一定负高压,松开波长转轮锁定装置,调节波长转轮至所需波长,在所示波长附近仔细调节波长转轮至能量最大,固定波长转轮。

反复调节灯的位置至能量最大,加负高压至能量示值为 90 左右,不同仪器不一样,按所用仪器要求即可。

1.3.2.1.2 设置测定参数 一般火焰测定选择测定次数三次,测定方式为连续,延迟可不设,积分参数一般为 1 秒。必要时设置其他用于仪器采样点等的参数。

1.3.2.1.3 调节燃烧器的位置 使空心阴极灯光束与狭缝基本平行、光斑位于燃烧器狭缝一定位置,一般在其上 3~8mm(本例为 3mm),依火焰大小,元素性质有关。很多仪器可以在点燃火焰后进行调节,调到灵敏度最高时为佳。

1.3.2.1.4 火焰燃助比的选择 依仪器要求打开空压机,一般出口压力约 0.2MPa;打开乙炔气瓶。乙炔出口压力一般为 0.05~0.1MPa

(本例为 0.05MPa)。

火焰助燃比依元素不同而不同,常见元素中,钙宜选择富燃焰(乙炔流量较大),锌宜选择贫燃焰(乙炔流量较小),其他元素可以用化学计量火焰。

1.3.2.1.5 设置标准系列浓度及样品参数 本例铜标准溶液系列为 0.00mg/L、0.25mg/L、0.50mg/L、1.00mg/L 和 1.50mg/L。

1.3.2.2 标准及样品的测定 待仪器及元素灯预热一段时间稳定后打开排风进行测定。

1.3.2.2.1 点燃火焰,依次进行空白标准和样品的测定,记录或打印测定吸光度等信息。

1.3.2.2.2 关闭火焰 若还需用火焰法测定其他元素则换灯依以上进行其他元素的测定。火焰法测定完毕应先关闭乙炔气瓶,等火焰熄灭后方能关闭空压机。

1.3.3 石墨炉原子吸收

1.3.3.1 条件设置及仪器调节

1.3.3.1.1 选择所测元素(铅),调节灯电流至合适大小(3mA)。选择所用测定谱线波长及带宽(283.3nm,0.4nm)。

自动化程度较高的仪器,自动寻峰,并找到最大吸收波长。

对自动化程度不太高的仪器,则加一定负高压,松开波长转轮锁定装置,调节波长转轮至所需波长,在所示波长附近仔细调节波长转轮至能量最大,固定波长转轮。

反复调节灯的位置至能量最大,加负高压至能量示值为 90 左右,不同仪器不一样,按所用仪器要求即可。

石墨炉测定要使用背景校正,以氘灯扣背景为例。打开氘灯背景校正,调节灯电流使氘灯能量与空心阴极灯能量基本匹配,光束尽可能与元素灯重合。自动化程度低的仪器需手动切入或移除半透半反镜。

1.3.3.1.2 设置测定参数 一般石墨炉测定选择测定次数 2~3 次,测定方式为峰高或峰面积(本例采用峰高),积分时间一般为 3~5 秒,以保证全部吸收峰被采集完为佳。有必要时设置其他用于仪器采样点等的参数。

1.3.3.1.3 调节石墨炉的位置,使空心阴极灯、氘灯能量最佳,结合 1.3.3.1.1 进行调节。

1.3.3.1.4 石墨炉升温程序的设置 石墨炉升温程序一般包括干燥、灰化、原子化和净化四个部分。干燥温度一般以溶剂的沸点为依据,

水样一般可设为 90~110℃,时间以 1μl 加热至少 1 秒为宜;灰化温度以元素不损失的情况下尽可能高,使背景物质尽可能在灰化时除去,为了防止溅射,有时需设定两步灰化。

本例石墨炉升温加热程序见表 1-2。

表 1-2 铅石墨炉升温程序(进样 10μl,基体改进剂 2g/LNH₄ H₂ PO₄)

步骤	温度(℃)	升温时间(s)	保持时间(s)
干燥 1	90	2	5
干燥 2	110	5	10
灰化 1	350	2	5
灰化 2	900	5	10
原子化	2000	0	3
清除	2200	0	2

1.3.3.1.5 设置标准系列浓度及样品参数。铅标准系列为 0.0μg/L, 10.0μg/L,20.0μg/L,40.0μg/L,80.0μg/L。

如果仪器带有自动进样器,对标准、样品及基体改进剂等进样体积(一般为 5~50μL)、放置位置、测定次数等进行设置。

1.3.3.2 标准及样品的测定 待仪器及元素灯预热一段时间稳定后打开排风,进行测定。

1.3.3.2.1 打开保护气,一般出口压力约 0.5MPa;打开冷却循环水。依次进行空白标准和样品的测定,记录或打印测定吸光度等信息。工作站具有自动回归和直接给出样品测定液中待测元素浓度或样品中的待测元素含量的功能,可选用线性回归和非线性回归,便可直接给出。

1.3.3.2.2 测定完毕,若还需用石墨炉法测定其他元素则换灯依上述方法进行其他元素测定。石墨炉法测定完毕后,应先将仪器还原,关闭载气,关闭冷却水。

1.3.4 关机 测定完成,依次关闭仪器→稳压器→排风电源,必要时倒掉废液;并进行仪器使用登记,做好卫生,离室。

1.3.5 结果计算和报告 结果计算时,可根据仪器给出的测定液待测元素浓度或含量,结合样液总体积和样品重量计算。需要注意有效数据的取舍。一些仪器可以给出超过小数点后五位的测定数字,实际上小数点后 3 位以后就没有什么意义了。

1.4 注意事项

1.4.1 标液及标准系列配制 要求所用酸和水纯度要高,否则造成本底值高,使线性变差。如果没有有证标准溶液,可使用高纯金属来制备,参照各相应国家标准检验方法配制。但要注意一些金属在酸中溶解较慢,如铁等往往要一周或半个月后才能溶解完全,浓度才达到稳定。

1.4.2 气瓶的安全 气瓶应有气瓶帽和气瓶箍,竖直放置及固定。连接好气瓶后,所有连接接头应检漏,用肥皂水涂在接头处应无气泡产生。

乙炔压力不能超过 0.15MPa。乙炔及其他钢瓶应留有余气,不能用尽。

乙炔气应为分析纯,如果只有工业级乙炔,应装净化管,以保证良好的分析灵敏度,正常火焰为纯蓝色。

1.4.3 空压机及其维护 应该使用无油无噪声空压机。对空压机一般在用前应观察润滑油位置是否合适。用后应放掉水油分离器中的水,必要时放掉储气缸中的气体。定期放掉储气缸底部可能存留的水油。

1.4.4 燃烧头及其维护 目前燃烧头一般为耐热耐腐蚀的钛、钛合金等,正常火焰形状不应有缺口或异色。若火焰有异色或缺口,应清洁燃烧头。一般清洁只需用滤纸蘸纯水,3%~10%(v/v)硝酸水溶液擦拭燃烧缝。如果很脏有白色结垢,可将燃烧头卸下,冲洗和用 10%~30%(v/v)硝酸浸泡。

1.4.5 雾化器的维护 雾化器的正常提升量在 3~8ml 时可获得较高灵敏度,有时进了较脏的样品或者样液有不溶性沉淀,可以导致毛细管堵塞。对此,可调节螺栓用空气反吹或用细小坚硬的通丝,小心通一下至回复正常为止。如果是毛细管脏了,改变了提升量,可以用 3%~10%(v/v)硝酸和盐酸溶液浸泡或者更换。每次检测完毕应用 1%(v/v)硝酸、纯水喷入一段时间,以清洗原子化系统,保证良好的性能和使用寿命。

1.4.6 空心阴极灯的维护 空心阴极灯长期不用应该定期点亮半小时。工作电流最好不超过最大电流的 1/3~2/3。使用电流时要注意,有些仪器供电方式为直流不是脉冲,其推荐电流远大于其他型号灯的应用电流,在使用其他型号灯时设定电流值应该用推荐值除以占空比,一般是除以 4~5,达到良好的能量值就行了。

空心阴极灯的更换应该在没有点燃时插拔,对易挥发的灯如钠灯、汞灯应在熄灭一定时间后插拔。