

综述

原子吸收光谱分析中的背景校正法

何 华 焜

(广东省测试分析研究所)

本文系统地分析和总结了原子吸收光谱分析中的背景校正技术。从分析背景信号的来源和特点开始,对背景校正方法和如何检验背景校正的效果诸问题,在理论上、技术上作了简明的论述。

在背景校正方法论述中,不仅对氘灯法和双波长法的优缺点作了介绍,对正在研究和发展的各种方法及前景也进行了讨论。

背景吸收信号是指在原子化过程中,被分析元素不存在时,在分析线波长处产生的“假”吸收信号。它是由样品中共存物质产生的。与火焰法相比,石墨炉法在原子化过程中原子和共存物质的停留时间长,并且原子化的空间小背景吸收的问题很突出。如火焰法的样品溶液量为6毫升/分,其原子化效率为10%,总气量按6升/分(指进入火焰的空气与乙炔气之和),则样品被稀释了约10,000倍。石墨炉法,取样量一般是20微升,石墨管的空间容积约800微升,原子化时样品稀释只约为40倍。从原子浓度看,二法的灵敏度相差了2—3个数量级,共存物质产生的背景吸收信号也相应提高。所以,石墨炉法本身就带来了高背景这个难题。

背景信号的来源

(1) 分子吸收,是产生背景吸收的主要来源。在原子化过程中由于石墨管的热容量小,加热时间短,样品蒸发成气态时,必然有相当数量的 $M_{\text{基体}}$ 与各种阴离子组合生成 MX 分子(X 为O、Cl、S、C、CN、F、Br、I等)。部分 MX 分子在石墨管热区(即中央部分)解离成 $M_{\text{基体}}$,但扩散至石墨管二端水冷区时,又重新生成 MX 分子。不同的分子其吸收光谱波长是不同的。它是由分子的电子光谱、振动光谱和转动光谱组成的宽带状光谱。例如,基体中普遍存在的碱金属、碱土金属的卤化物在紫外区有强的分子吸收光谱^[1]。尤其在240.0nm以下的远紫外区。在石墨炉原子吸收光谱分析法中,若样品的基体物质中存在这些卤化物时,心须设法进行前处理,或在原子化阶段前除去以减小背景吸收。

在原子化过程中,某些蒸气相的多原子分子发生光致离解,生成新的分子,并产生吸收光谱,呈宽带连续状。如Mg、Fe、Ni和Zn的硫酸盐,在原子化过程中,产生 SO_3 、 SO_2 和

1983年10月17日收到

SO的分子吸收光谱^[2]。另外,在原子发射光谱法中,人们所熟知的CN带,在石墨炉原子吸收法中亦存在。当然,石墨炉原子吸收法中,用氮气作载气时才会与碳形成CN分子光谱带。在氧化亚氮—乙炔火焰法中,亦会产生CN吸收光谱带。

(2) 光散射是在原子化过程中,样品产生的固体微粒对光源辐射光的散射而形成的假吸收。就好象分光光度法中样品混浊的影响一样。关于固相微粒的形成,在原子化时,无论是有机物或是无机物的基体,当浓度大时(即没有分离基体的样品),原子化热量不足(石墨原子化的热容量小,升温速度快,加热时间短),不能使基体物质全部解离成分子或原子,而是形成固体微粒。还有已经转变成气态的分子或原子,在扩散至石墨原子化器的冷端时,又会凝聚成固体微粒。此外,石墨管表面在高温时,会溅射出碳的微粒。这些微粒散射光的强度与微粒自身大小,光的波长有关。如果微粒的直径小于入射光波长的十分之一,散射光强度与微粒数目 N 、体积 V 、入射光波长之间的关系服从瑞利散射定律,即:

$$I_{\text{散}} = 24\pi^3 \frac{N V^2}{\lambda^4}$$

显见在 $\lambda = 200.0\text{nm}$ 处的散射光强度要比 $\lambda = 400.0\text{nm}$ 处大十六倍。随着微粒直径的增大,将不再遵守瑞利散射定律,而是遵守Mie(米氏)散射定律,即散射强度与波长无关。

以上所述的分子吸收光谱与光散射,在单色器光谱通带范围内都可视为一个恒定吸光度值。即在此通带内是连续光谱。但除了上述带状分子光谱外,还有许多物质在紫外区存在着具有一定转动结构的电子—振动光谱,即所谓结构背景光谱。

此外,如果样品的共存物质中,某些元素的吸收线与分析线邻近或重叠时,亦产生所谓背景吸收。也可将其称曰光谱干扰。

(3) 背景信号的特征:石墨炉中样品的原子化过程是在几秒钟内完成的,而石墨炉本身需升温至原子化要求的温度,这需要一个升温时间。石墨原子化器最常用的是石墨管,其体积小,例如一般是: ϕ 内 $6 \times 28\text{mm}$,容积 0.76ml 。进样体积为 $20\mu\text{l}$ 。

在如此小的空间、数秒钟内把样品加热至 $2000\text{—}3000^\circ\text{C}$,由固态变成气态或微粒状烟雾,情况是极其复杂的。由原子化过程机理的论述中知道要其中要发生复杂的高温化学反应。在此我们仅从吸收信号测量的观点进行分析讨论。在石墨管空间内,温度分布不均匀,蒸气被状态的被分析原子浓度、基体物质的分子浓度和微粒浓度等的分布也不均匀,在管内急速加热的样品蒸发气化过程是一个急剧变化的过程,膨胀,扩散,在不断地变化。从时间上看,管内空间各处的分布又是不停地变化。归纳之,管内空间各处的蒸气、微粒物质浓度是不同的,而且随时间而快速变化。这就背景信号的特征。

背景校正方法的基本原理

至今,原子吸收光谱法中,无论是商品仪器、还是实验室研究装置,对于背景校正都是通过两次测量完成的。即一次在分析波长处,测量原子蒸气和共存气相物质(包括固体微粒)产生的吸收信号(即原子吸收+背景吸收),一次在分析波长处,或邻近位置测量共存物质的吸收信号(即背景吸收信号)。二者相减即为扣除背景吸收后的净原子吸收信号)。

请注意,至今还不能做到在测量过程中单独识别原子吸收信号。

现将第一次测量得到的用 A_{1a} 表示原子吸收,和 A_{1b} 表示背景吸收,第二次测量相应用 A_{2a} 和 A_{2b} 表示(在实际工作中,除个别情况外,不可能只测量到背景吸收,而同时必然存在一部分原子吸收信号,故有 A_{2a} 和 A_{2b})。最后得到的原子吸收信号表示式如下:

$$A = (A_{1a} + A_{1b}) - (A_{2a} + A_{2b})$$

整理后得到

$$A = (A_{1a} - A_{2a}) + (A_{1b} - A_{2b})$$

显然,上式中 $(A_{1b} - A_{2b})$ 代表背景校正的误差, $(A_{1a} - A_{2a})$ 项表示背景校正对分析灵敏度的影响。

如果 $A_{1b} = A_{2b}$, $A_{2a} = 0$, 则 $A = A_{1a}$ 。这是理想的背景校正结果。若 $A_{1b} \neq A_{2b}$, $A_{2a} = 0$ 即表示背景校正可能校正过度($A_{2b} > A_{1b}$), 或校正不足($A_{1b} > A_{2b}$)。结果引起分析结果偏低, 或偏高。若 $A_{1b} = A_{2b}$, $A_{2a} \neq 0$ 。此时背景完全校正了, 但分析灵敏度降低。即背景校正引起灵敏度降低。

背景校正方法

随着原子吸收光谱分析技术的发展,背景校正方法至今已有:连续光源法(氘灯法)、双波长法(非共振线法)^[3]、塞曼法^[4]和实验室研究中的共振线自吸法^[5]、时间分辨测光法^[6]、连续光源、中阶梯光栅单色器、波长调制原子吸收法(CEWM— $\Delta\Delta$ 法)^[7]等。使用广泛已成为商品的是连续光源法(即氘灯法)和塞曼法。本节主要论述氘灯法,塞曼法已有另文论述^[8]。对其他方法亦作简明阐述。

(1)连续光源法(氘灯法)这种方法是使用时间最长、应用最广泛、发展比较成熟的背景校正方法,是Koertyohann和Pickett^[8]在一九六五年首先提出来的。此法已广为商业仪器采用。

现在用 A_H 表示空心阴极灯辐射光束通过原子化器时测得的吸光度值, A_D 表示氘灯的情况。根据上节原理所述,得出:

$$A_H = A_a + A_{b(H)}$$

$$A_D = A_a(D) + A_{b(D)}$$

氘灯的发射光谱是连续光谱。经研究:

$$A_{a(D)} \leq 0.02A_a$$

背景校正后的吸光度值是:

$$A = A_H - A_D$$

$$A = (A_a - A_{a(D)}) + (A_{b(H)} - A_{b(D)})$$

假设 $A_{b(H)} = A_{b(D)}$

$$A = 0.98A_a$$

从单色器光谱通带内来看,空心阴极灯的辐射光谱是线光谱,其半宽度通常是仪器光谱通带的百分之一左右,背景吸收是分子吸收带状光谱。在光谱通带内光散射,可视为均匀分

布的。所以,原子对于氘灯连续光谱的吸收 $A_{a(D)}$ 与光谱通带内的氘灯光谱强度相比是很小的,以致可以忽略。其次,要实现 $A_{b(H)} = A_{b(D)}$ 这个假设,要求光谱通带满足一定的宽度条件。

连续光源法对于连续光谱背景的校正具有较强的能力,尤其是对于火焰原子吸收法。随着石墨炉原子吸收法的兴起和发展,连续光源法(氘灯法)的局限性越来越明显。其实,Koirtzohann和Pickett⁽⁷⁾在提出此法的同时,就已指出了对于高准确地分析要考虑 $A_{a(D)}$ 的影响,校正的背景限于在光谱通带内的连续光谱背景,对于结构背景不能校正。

氘灯法的局限性,其实质在于使用了两个不同性质的光源⁽⁹⁾。

氘灯是一种连续光源,辐射连续光谱;而空心阴极灯是一种比较理想的锐线光源,辐射线光谱。从被分析元素波长这一点来看, $A_{b(H)}$ 是在分析波长处的背景值;而 $A_{b(D)}$ 是在分析波长邻近区域,即仪器光谱通带范围内的平均背景值,该值并不能代表分析波长处的真正背景值。所以,关于 $A_{b(H)} = A_{b(D)}$ 的假设是不严格的。在实际工作中氘灯法扣背景有时校正过度,有时校正不足,原因就是 $A_{b(H)} \neq A_{b(D)}$ 。 $A_{b(H)} > A_{b(D)}$,为校正不足; $A_{b(H)} < A_{b(D)}$,为校正过度。

空心阴极灯和氘灯的发射强度不同,前者强,后者弱。为使两束光能量相等,或接近相等,要求单色器的光谱通带不能小于 $2 \text{ \AA}$ (埃)。因此共存吸收线也一起进入单色器,造成干扰。如分析 $\text{Sb} 2170.2 \text{ \AA}$ 时,若样品中存在元素 Pb , $\text{Pb} 2169.99 \text{ \AA}$ 吸收干扰;对于 $\text{Cd} 2288 \text{ \AA}$,存在 $\text{Co} 2286.16 \text{ \AA}$ 和 $\text{Ni} 2207 \text{ \AA}$ 线吸收干扰;对于 $\text{Zn} 2138.6 \text{ \AA}$ 有 $\text{Fe} 2138.59 \text{ \AA}$ 和 $\text{Cu} 2138.51 \text{ \AA}$ 线吸收干扰等。当上述的干扰吸收线进入光谱通带时,对于空心阴极灯 $A_{b(H)} = 0$,而对于氘灯 $A_{b(D)} > 0$,结果背景校正过度,即出现负背景。

此外,两个光源的光斑大小不同,光斑本身的能量分布也不同,而且空心阴极灯光斑的大小还随元素不同而异。对于仪器的调整来说,即使二者的光束达到了严格的一致,能量也接近相等了。光斑大小和能量分布的不同,原子化器中原子共存物蒸气的分布随时间、空间而变化的,所以 $A_{b(H)} \neq A_{b(D)}$ 。

氘灯的发射光谱的波长范围,一般是在 $3600 \text{ \AA}$ 以下,最好的氘灯也只能工作到 $4200 \text{ \AA}$ 。最好的工作范围是 $3000 \text{ \AA}$ 以下。

(2)塞曼法^(4,9)。是目前效果比较理想并已成功用于商业原子吸收仪器的背景校正法。此法主要利用光源在磁场中发射光谱线产生塞曼分裂,分裂后的 π 成分用于测量原子吸收加背景吸收, σ 成分测背景吸收,即前者为分析线,后者作参比线,二者相减完成背景校正,获得正确的原子吸收信号。

塞曼法的主要特点是只需一个光源,避免了氘灯法所固有的缺陷。不仅能准确校正连续背景,对于某些具有精细结构的分子光谱背景以及邻近原子吸收线,乃至某些重叠的原子吸收背景都能校正⁽¹⁰⁾。

塞曼法的缺点:(1)分析灵敏度要低于氘灯法,但灵敏度都在同一数量级,对于石墨炉法是允许的。(2)对于具有塞曼分裂的分子光谱背景不能校正。(3)工作曲线在高浓度时发生反转效应。

(3) 双波长法。又称为以非共振吸收线为对照的两波长测定法。即用共振吸收线测定原子吸收与背景吸收之和, 另选择一非共振吸收线仅测定背景吸收, 二者之差即为扣除背景后的原子吸收值。

具有双波长法背景校正装置的仪器要比氘灯法的复杂, 这种仪器又称双道原子吸收分光光度计, 如美国 IL 公司 951 型便是双道原子吸收分光光度计, 具有双波长背景校正功能。由两个单色器, 两个光电倍增管, 和相应两套检测电路系统。在进行背景校正时, 用一个或两个空心阴极灯。此外, 双道原子吸收分光光度计还具有同时测定两个不同元素等其他功能。

双波长法的优点: ①能同时测定原子吸收信号与背景信号, 这是至今其他方法所不及的。对石墨炉中瞬态信号的观测优于其他方法。②光源为空心阴极灯, 二者光谱性质相同, 几何形状相同, 能比较准确观测石墨炉中在同一吸收层中所发生的现象。

双波长法中对于非共振吸收线的选择是重要的。最主要的是要求与分析线的波长差值尽可能小。在分析线与非共振吸收线二波长间隔范围内背景吸收相等、或近似相等, 是双波长法应用的基础。原子吸收光谱一般随波长而变化, 散射光背景更是随波长而异, 光散射强度与波长的四次方成反比。在选择中还应注意尽可能用同一个空心阴极灯完成双波长校正, 如选择氘线、阴极材料的发射线或是同一元素的非共振吸收线, 如 Ni, 分析线 2320 Å, 非共振吸收线可选择 2316 Å。表 1 列出了大多数元素用双波长法时的线对。

表 1

双波长法背景校正分析线对(11)

元 素	分 析 线 (nm)	非共振吸收线 (nm)	元 素	分 析 线 (nm)	非共振吸收线 (nm)
铝	309.3	307.0 (Al)	锂	670.8	671.7 (Ne)
铈	217.6	217.9 (Sb)	铈	285.2	283.7 (Cd)
	231.2	231.4 (Ni)		285.2	283.9 (Sn)
砷	193.7	192.0 (As)	锰	279.5	280.1 (Pb)
钡	553.6	540.0 (Ne)		279.5	282.4 (Cu)
	553.6	553.3 (Mo)	汞	253.7	249.2 (Cu)
	553.6	557.6 (Y)	钼	313.3	311.2 (Mo)
铍	234.9	235.4 (Sn)	镍	232.0	231.4 (Ni)
铋	223.1	226.5 (Cd)	钡	247.6	249.2 (Cu)
	306.8	307.0 (Al)	磷	213.5/213.6	212.5 (Zn)
溴	148.9	149.3/149.5 (N)	钾	766.5	767.2 (Ba)
镉	228.8	226.5 (Cd)		766.5	769.9 (K)
铈	852.1	854.5 (Ne)	铈	343.5	350.7 (Rh)
钙	422.7	421.9 (Fe)		343.5	352.0 (Ne)
	422.7	423.6 (Fe)	铈	780.0	778.0 (Ba)
铬	357.9	352.0 (Ne)	钨	349.9	352.0 (Ne)

续上表

铅	357.9	358.1 (Fe)	硒	196.0	198.1 (Se)
钴	240.7	239.3 (Co)	硅	251.6	249.2 (Cu)
	240.7	242.1 (Sn)	银	328.1	332.4 (Ne)
铜	324.8	323.1 (Cu)		328.1	326.2 (Sn)
镉	421.2	421.6 (Fe)	钠	589.0	588.3 (Mo)
	421.2	421.1 (Ag)	铈	460.7	460.6 (Ni)
铊	400.8	394.4 (Er)	碲	214.3	212.5 (Zn)
铈	459.4	460.1 (Cr)		214.3	217.9 (Sb)
镓	287.4	283.7 (Cd)	铊	276.8	280.1 (Pb)
	287.4	283.9 (Sn)	锡	224.6	226.5 (Cd)
金	242.8	242.1 (Sn)		286.3	283.9 (Sn)
镉	303.9	307.0 (Al)	钛	364.3	362.5 (Ni)
碘	183.0	184.4 (I)		365.4	362.5 (Ni)
铁	248.3	249.2 (Cu)	铀	358.4	358.1 (Fe)
钼	550.1	550.6 (Mo)	钒	318.4	323.1 (Cu)
	550.1	548.4 (Co)		318.5	323.1 (Cu)
铅	283.3	280.1 (Pb)	锌	213.9	212.5 (Zn)
	283.3	283.7 (Cd)			
	217.0	220.4 (Pb)			

双波长法的缺点是仪器结构复杂, 价格较高, 如一般的双道原子吸收分光光度计等。

(4) 共振线吸收法^[5], 用空心阴极灯的发射线(分析线)测定原子吸收和背景吸收, 用经过分析元素的原子蒸气吸收(共振吸收)后的空心阴极灯发射线测定背景吸收。实际上用于背景吸收测量的辐射线相当于发生了严重自蚀的谱线, 见图1, 在共振吸收线的中心部份不发生吸收, 只在两翼可发生吸收, 所以仅能测定背景吸收。此法仅适用于蒸气压高的元素, 如汞等。进行背景测定时, 实际工作比较麻烦, 空心阴极灯的辐射光要先通过样品原子蒸气, 才通过原子化器; 而测定原子吸收和背景吸收时, 又是直接通过原子化器。这种利用有无严重自蚀进行背景校正的方法, 是否能用空心阴极灯的共振发射谱线的轮廓

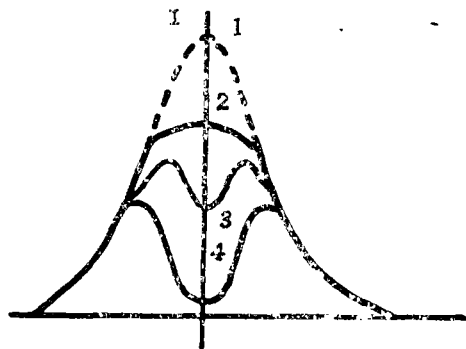


图1 有自吸的谱线轮廓

1. 无自吸; 2. 有自吸;
3. 自蚀; 4. 严重自蚀

变化来实现, 引人注目。在一九七八年以来已为我国原子光谱分析工作者所探求, 一九七八年上海冶金所刘瑶函等提出用高强度空心阴极灯发射的锐线作测量光束, 用辅助电极不放电

而当作一般空心阴极灯,并以强脉冲放电所发射的宽谱线作参比光束,成功地进行了背景校正。(12)。一九七九年,昆明冶金所何长一等用强弱脉冲轮流触发普通空心阴极灯的方法进行背景校正,获得了能校正背景吸光度值为1的结果(13)。一九八二年广西化工所马治中等进一步研究强弱脉冲交替触发空心阴极灯的原子吸收光谱仪器。于一九八三年研制成功自蚀效应火焰原子吸收分光光度计。近几年,国外在这方面的研究工作,以美国的IL公司和印第安大学的Smith和Hieftje及其同事最活跃(14-17)。IL公司还成功研制出自蚀效应原子吸收分光光度计商品仪器(即Video22型),并在一九八三年匹兹堡会议上展出。

自蚀背景校正法是共振线自吸法的进一步发展,它是利用强弱脉冲交替对空心阴极灯供电,使之产生自蚀的谱线和锐线,其谱线轮廓如图2所示。利用锐线测定原子吸收加背景吸收信号,用自蚀谱线测定背景吸收信号(因谱线发生自蚀),故对原子吸收的灵敏度大大降低,二者相减即可扣除背景,其数学表示式为:

$$A = \log \frac{I_{\text{强}}}{I_{\text{弱}}} = \alpha \cdot l \cdot n_a (K_{\text{弱}} - K_{\text{强}})$$

式中 $I_{\text{强}}$ 为经过样品吸收后强脉冲谱线强度, $I_{\text{弱}}$ 是弱脉冲谱线强度, $K_{\text{弱}}$ 、 $K_{\text{强}}$ 分别是原子对弱强脉冲谱线的吸收系数, n_a 为待测原子数, α 为常数(对一种元素而言), l 为吸收池长度。从形式上看,上式与塞曼法亦相似。

由于 $K_{\text{强}} \approx 0$,故分析灵敏度低于普通原子吸收法,此点也与塞曼法相似。图3为自蚀法测得的Ni的工作曲线。

新近发展起来的自蚀法在背景校正技术上显示了特有的优越性。它仅用一个空心阴极灯光源,在同一波长上准确校正背景(此二点与塞曼法相同),不用磁场和偏光系统,从而提高了光能量和简化了测量电路(优于塞曼法)。其缺点是:①灵敏度降低了,不同元素降低的程度亦不同;②对空心阴极灯提出了新的要求,因强脉冲工作将影响灯的寿命。

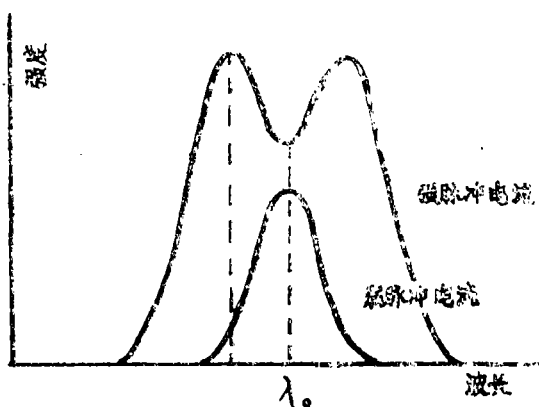


图2 空心阴极灯在强弱脉冲供电时发射谱线的轮廓。

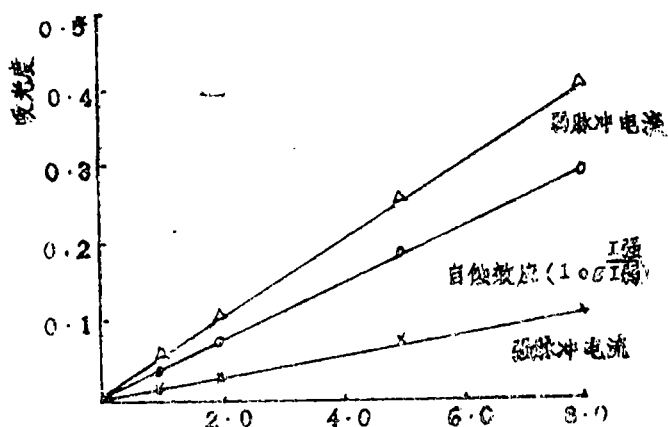


图3 Ni的工作曲线

△弱脉冲电流的工作曲线;
×强脉冲电流的工作曲线;
○自蚀法的工作曲线

(5) 其他方法

①时间分辨测光法,是按时间先后顺序测定原子吸收加背景吸收信号和背景吸收信号,然后再对先后两个信号进行处理以完成背景校正。在空心阴极灯进行放电过程中,对灯加电压时,氖气立即开始辐射,然后才是原子的共振辐射。通过氖线测定背景吸收,用原子共振辐射线测定原子吸收和背景吸收,再用时间分辨技术将二信号分开,相减后,即获得了校正了的背景吸收后的原子吸收信号。此法一是要求存在合适的氖线,二是测量技术比较复杂。

②波长调制法,是一种光学扫描的方法。即在很小的波长间隔($\Delta\lambda$)内对待测光谱线反复扫描的方法。原子吸收光谱法中,分析线具有严格的波长选择性,分子吸收和光散射背景吸收光谱,一般没有波长选择性,即在一定波长范围内是基本恒定的。波长调制就是利用对波长选择的特性,将原子吸收信号从背景吸收中分离出来,达到背景校正的目的。在原子吸收光谱分析中最早提出使用这种方法的是荷兰 Snelleman⁽¹⁸⁾。波长调制技术在原子发射光谱法、原子荧光光谱法中也得到较快的发展,并已成功地应用在商业仪器中。连续光源波长调制技术不仅在背景校正方面可与塞曼法相媲美,在校正光谱重叠干扰上优于塞曼法⁽¹⁹⁾;而且为原子吸收光谱多元素同时测定提供了一个研究途径⁽²⁰⁾。

背景校正能力的测试

正确评价某种背景校正方法或某种原子吸收光谱仪器背景校正器效果的最好方法,是对背景校正能力的实验测试。

测试方法分静态测试和动态测试两种方式,静态测试方法操作简便快速;动态测试方法是在仪器工作程序的原子化过程中进行实际测试。操作比较复杂,但能得到仪器背景校正能力较确切的信息。

静态测试方法是将一特制的具有一定透过率的金属网(要求网孔大小分布均匀),或中性滤光片,插入原子化器部分(放的位置尽量不要放在光路的成象点上,并应与光束保持垂直),进行测试。如仪器在插入之前已调试好,吸光度值为0,插入后仍然指示0,表示能完全校正背景。如插入的中性滤光片(或金属网)的吸光度值为1,表示能完全校正吸光度为1的静态背景,余类推。静态测试用的中性滤光片(或金属网)是静止的,在空间上是均匀分布的。与前述背景信号在原子化过程中,在原子化器空间具有随时间、空间而变化的特征相比,静态测试的结果不准确。在仪器调试过程中,此法可用于判定光路是否调整好?空心阴极灯和氖灯的光束是否调整到严格重合?在光路系统完好的条件下,还可用以判定电路系统的背景校正能力。

动态测试是比较有效的背景校正判定方法。通常都是用光谱纯或优级纯的氯化钠,配制成一定浓度的溶液,作为样品,在实际原子化过程中测定背景校正能力。因NaCl分子在紫外区有强的吸收光谱带,原子化过程中的氯化钠微粒还产生散射,同时这种试剂比较容易获得,见表2。

表2 背景校正测试的原子化条件

	干燥	灰化	原子化
温度(℃)	160	360	2450
时间(秒)	20	30	4

试剂：优级纯氯化钠，浓度由具体情况确定，一般是0.1~3%。

仪器的背景校正能力是由许多因素决定的，校正方法是大前提。从商业仪器来看，塞曼法、自蚀法优于氘灯法，而自蚀法又比塞曼法简便，且尚在发展中。波长调制技术是一种很有前途的方法，并且和原子吸收多元素同时测定的前景联在一起，它强烈地吸引着从事原子光谱技术研究的人们。对于具体的原子吸收光谱仪器来说，不论是用哪种方式的背景校正技术，提高光能量是提高背景校正能力的关键之一。对于不同的元素其背景校正能力也是不同的。

参 考 文 献

- [1] B. R. Culver and T. Surles, *Anal. Chem.*, 47, 920 (1975)
- [2] R. Massmann and S. Gucer, *Spectrochim Acta*, 298, 283 (1974)
- [3] W. Slavin, *At. Absorption Newsletter*, 2, 15 (1964)
- [4] 何华焜, *分析化学*, 6 (2), 38 (1978)
- [5] C. Ling, *Anal. chem.*, 39, 798 (1967)
- [6] 荒木 勉, 南茂夫, 第10回 用スペクトロメトリー, 1974
- [7] 何华焜, 吕尚景, *分析化学*, 8 (3), 272 (1980)
- [8] S. R. Koirtzohann and E. E. Pickett, *Anal. Chem.*, 37, 601 (1965)
- [9] 何华焜、丘若子, *光谱学与光谱分析*, 2 (3, 4), 237 (1982)
- [10] F. J. Fernandez et al., *Atomic Spectroscopy*, 3 (3), (1982)
- [11] R. A. Newstead et al., *Prog. Analyt. Atom. Spectrosc.*, 2, 275 (1978)
- [12] 刘瑶函等, 《应用高强度空心阴极灯作原子吸收背景校正的一种新方法》, 上海冶金研究所, 1978
- [13] 何长一, 杨春楷, *原子光谱分析*, 1 (5), 53 (1981)
- [14] J. J. Sotera and H. L. Kahn, *Am. Lab.*, 14, 100 (1982)
- [15] S. B. Smith et al., 33rd Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy Abstracts, 442, 1982
- [16] D. A. Busch et al., 34rd Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy Abstracts, 460, 1983
- [17] S. B. Smith and G. M. Hieftje, *Appl. Spectrosc.*, 37 (5), 419 (1983)
- [18] W. Snelleman, *Spectrochim Acta*, 23B, 403 (1968)
- [19] T. C. O'Haver et al., *Anal. Chem.*, 48, 838 (1977)
- [20] T. C. O'Haver et al., *ib.*, 55, 1055 (1983)