

# ICP-AES 分析方法中的光谱干扰与校正

梅 坛 陶美娟 鄢国强

上海材料研究所检测中心 上海 200437

**摘要:** 本文综述了电感耦合等离子体原子发射光谱分析中光谱干扰的来源、光谱干扰校正方法及应用情况。引用文献 69 篇。

**关键词:** ICP-AES 光谱干扰 光谱干扰校正 综述

## 0 前言

电感耦合等离子体(ICP: Inductively Coupled Plasma)光源是 20 世纪 60 年代发展起来的一类新型发射光谱分析用光源。从 ICP 光源用于原子发射光谱分析以来,由于 ICP-AES 法(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy)具有检出限低,精确度高,基体干扰小,线性范围宽且可进行多元素同时测定的特点<sup>[1]</sup>,所以在分析化学领域中已得到了越来越广泛的应用。

由于 ICP 的激发能力很强,几乎每一种存在于 ICP 中或引入 ICP 中的物质都会发射出相当丰富的谱线。如果样品基体复杂或仪器分辨率不够,则会产生一定的光谱干扰。光谱干扰使得分析线信背比降低,从而使检出限和测定限变差,甚至造成分析线不可用。光谱干扰问题是 ICP-AES 分析中的主要问题之一<sup>[2]</sup>。本文就 ICP-AES 分析方法中的光谱干扰与校正研究及应用情况作一叙述。

## 1 光谱干扰的来源

光谱干扰是由于干扰剂本身的辐射信号与分析物信号分辨不开所引起的,包括谱线重叠干扰(直接重叠和线翼重叠)、连续背景干扰等。在光谱仪分析线波长位置上,出射狭缝所测得的信号,除分析元素产生的净信号外,其他光谱成分都成为该分析线的背景。按照分析线与背景的叠加关系,光谱干扰有以下四种类型:简单平滑光谱背景,斜坡背景,简单弯曲背景,复杂结构背景及谱线重叠。

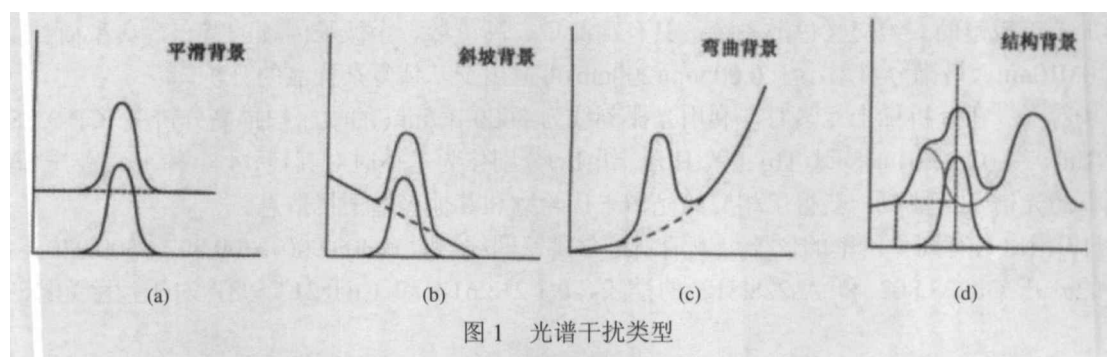


图 1 光谱干扰类型

试样中基体和共存物产生的背景光谱干扰,尤其是富线基体的光谱,是光谱干扰最主要的来源,例如过渡元素、稀土元素,基体和共存物光谱干扰情况复杂<sup>[3-10]</sup>。另外,复合辐射、韧致辐射、分子辐射、杂散光等也会形成背景干扰。

水溶液雾化进样时,水解离产生氢谱线,氧谱线,OH 谱带。H397.007 的变宽会影响钙的分析线 Ca II 396.847<sup>[11]</sup>。OH 谱带位于 281.0-294.5nm 及 306.0-324.5nm, Dieke 和 Crosswhite 发表了 281.0-294.5nm 中的 116 条谱线和 306.0-324.5nm 中的 180 条谱线的的数据。Boumans 研究了 OH 带对持久线的影响<sup>[12]</sup>, 按受影响的程度分为三等,有 7 条受影响最严重,17 条受严重影响,83 条受影响较轻。

样品中含有有机物或有机物溶剂时会产生碳的谱线和谱带。文献[13]给出 C<sub>2</sub> 带在 232.5nm 附近有强峰(双峰); C<sub>2</sub> 的 Swan 带出现在 436.5-667.7nm 波长范围内。另外在 358.4-460.6nm 范围内有 CN 带, 190-230nm 波长范围内有 CO 带等。

除此之外,还存在 ICP 火焰的光谱,主要是由工作气体(一般为氩气)产生的,文献[14]中给出了 134 条 Ar 线及其信背比,文献[15]列出了 207.5-600.5nm 范围内的 204 条氩线的强度和信背比。在 200-300nm 波长范围内没有氩的谱线,最强的 Ar I 线在 420-440nm,其中较强的谱线是 ArI420.068nm 以及 ArI415.859nm,有些氩线的 Stark 变宽达埃数量级,氩线使少数分析线受到重叠干扰而不能被采用。另外空气的渗入还会产生 NO、N<sub>2</sub><sup>+</sup>、NH 谱带。光路中的空气在 190nm 以下产生氧吸收,使在真空紫外区和远紫外区的分析线辐射在传播中被吸收而不能到达检测器。

光谱仪光学系统不可避免的有些不完善使仪器内部产生杂散光,成为连续背景的一部分。Larson 和 Fassel 首次对杂散光影响进行了详细的研究,尽管现有 ICP 光谱仪有了很大改善,但当分析试样中含有高浓度钙或镁时,光谱中的强线引起杂散光增大。郑建国等<sup>[16]</sup>在实验中观测到不仅碱土元素,过渡元素也能产生较强的散射光,叠加在连续背景上,如: Ni223-224nm, Fe196.5-198.5nm 和 208-210nm, Cr187-203nm, 207-211nm 和 226-230nm,并讨论了产生背景的机制。

在 200-1000nm 波段约有 100 万条光谱线,平均每纳米约有 1000 条,因而几乎所有元素及所有分析线都可能存在不同程度的谱线重叠干扰。即使最精密的波长表也无法可靠提供关于这种干扰可能性的全部信息,因此需要对光谱干扰进行认真考察和校正。

## 2 光谱干扰的消除与校正

### 2.1 光谱干扰的消除

#### (1) 预分离及预富集

对基体进行预分离和对待测元素进行预富集可以消除和减小基体对分析元素造成的光谱干扰,有助于提高分析灵敏度、降低检出限。但采用化学预分离的办法去除干扰基体则往往繁杂费时。近年来发展起来的与 ICP-AES 联用的分离富集技术有流动注射(FIA)技术、电热蒸发进样(ETV)技术、氢化物发生(HG)法、高效液相色谱(HPLC)等。

#### (2) 采用高分辨光谱仪

采用高分辨率光谱仪可以很大程度上减轻重叠干扰,但并不能完全克服光谱干扰问题。光谱仪狭缝宽度的减小和焦距的增长均可以提高分辨率,但前者导致光通量减少,后者导致光谱仪稳定性下降。根据光栅方程,提高分辨率的两条主要途径是增加光栅刻线密度或利用高级次光谱。第三代光谱仪广泛采用的中阶梯光栅加石英棱镜的二维交叉色散系统,具有高能量、高色散、全波长闪耀的特点,典型商品仪器标准分辨率为 0.010nm,最高分辨率小于 0.005nm(200nm)可适用于基体复杂样品的分析。

孙振华等<sup>[9, 10]</sup>在分析稀土元素时,利用光栅刻线为 3600 条/mm 的顺序扫描高分辨率 ICP-AES 光谱仪研究了铕(Eu)、钆(Gd)镧(La)、铽(Tb)、铥(Ho)、铒(Er)分别作为基体时对其他 14 个稀土元素共 66 条“首选分析线”的光谱干扰情况,获得了相应的光谱干扰轮廓和其他光谱干扰信息。

文献[17]指出具有高分辨率的仪器可以清晰地分辨铁四线,即 Fe309.990, 309.997, 309.030, 309.067, 可以很好的分开 Gd228.802 和 As228.812 的谱线, P I 213.617 和 Cu II 213.598, 对于消除光谱干扰很有好处。

#### (3) 适当选择分析线

选择合适的分析线从而避免光谱干扰,是最简单,也是实用的消除光谱干扰的方法,但为避免光谱干扰而选择次灵敏线常以灵敏度损失为代价。进行谱线选择可以参照 ICP 专用光谱线波长表<sup>[18, 19]</sup>和图谱<sup>[20-22]</sup>。

在测定镁合金中镍时<sup>[23]</sup>, Zr II 341.466 干扰 Ni I 341.476; Zr I 352.454 和 Fe I 352.424 干扰 Ni I 352.454; 镁基体会在 231.555, 231.589, 231.622 处出峰, w(镍)<0.001%时,选 Ni II 231.604 作分析线。

P I 213.617 受到 Cu II 213.598, Mo213.609nm 等干扰,这时采用二次谱线可避免上述谱线的干扰。

### 2.2 光谱干扰的校正

#### (1) 干扰系数校正法

该法<sup>[24]</sup>通过测定干扰元素标准溶液在待测谱线位置处的强度,求出干扰等效浓度(干扰系数),再计算应予扣除的干扰线影响的浓度值。这种校正方法考虑了背景变化和共存元素浓度变化的普遍情况。

GB/T20125-2006<sup>[25]</sup>给出了干扰系数的求算方法。文献[26]通过实验给出了 68 种元素 639 条分析线的光谱相互干扰系数, 这些数据对日常分析工作有参考意义。李帆等人<sup>[27]</sup>应用 JY170 ULTRACE 等离子体发射光谱仪对常见二十三种元素的光谱进行了探讨, 研究了光谱干扰的类型并计算出干扰水平, 同时测定了分析谱线的仪器检出限。

传统的干扰系数法较少考虑元素间的交互干扰情况, 金泽祥等<sup>[28]</sup>把分析对象视为所有组分之间都相互关联的体系, 发展了相互干扰系数法用于校正光谱干扰; 张涵等<sup>[29]</sup>考虑组分之间相互干扰提出了干扰系数迭代校正法。弥补了传统干扰系数法的不足。

### (2) 背景干扰校正法

背景干扰校正法最常用的有空白背景校正法(又称为在峰校正法)和动态背景扣除法(又称为离峰校正法)。前者是以不含分析物的空白溶液在分析线位置进行背景及其他光谱干扰的测量, 再换算为“净空白等效浓度”, 然后从分析物表观浓度中扣除之。当空白背景依赖时间变化或空白与试样无法实现完全匹配, 则该法不适用。后者是测量分析线附近背景的程度, 以此来推断分析线位置处的背景情况, 特别适用于 CCD、CID 检测器。当光谱背景比较复杂时, 离峰法算得的背景强度会与实际背景值不一致, 甚至相差很大。

在文献[30]中, 作者设计了一种用于实时校正快速变化背景干扰的模型, 克服了以上两种方法的不足之处, 并在 DSI-ICP-AES(Direct Sample Insertion-ICP-AES)中得到了很好的验证。

### (3) 多元光谱拟合校正法(MSF 法)

多元光谱拟合校正法是一种用于校正光谱干扰的有效方法。该方法是基于 ICP 发射光谱输出信号的可加和性, 用纯组分光谱轮廓的线性组合模型来拟合未知的光谱图, 然后用最小二乘法求解该模型方程, 将分析物轮廓从复杂的光谱图中分辨出来, 从而达到校正光谱干扰的目的。该法可处理各类光谱干扰, 其缺点是当测定元素较多时, 需配制大量标准溶液, 并需对样品的组成有大致地了解。

沈兰荪等<sup>[31]</sup>采用 M 个单一 Gaussian(Lorentzian 或 Pseudo Voigt)曲线与二次函数背景的相加作为光谱干扰的数学模型函数, 从而将发射光谱干扰校正问题转化为如何根据实际情形完成的波形分解问题。张卓勇等<sup>[32]</sup>提出了自模型曲线分辨法校正了 Nd359.259nm 对 Sm359.260nm 和 V328.939nm 对 Yb328.937nm 谱线重叠干扰, 得到了满意的结果。

### (4) Kalman 滤波法(KF 法)<sup>[33]</sup>

卡尔曼滤波法是通过一系列带有噪声的实际测量数据进行处理, 滤除干扰和噪声, 得到有用的各状态的估计值。1990 年, Van Veen 首次将这一方法用于 ICP-AES 的多组分分析, 在强背景, 谱线重叠干扰严重的情况下, 得到很好的分析结果<sup>[34, 35]</sup>。这一方法已有效地应用于 ICP-AES 的数据处理。

黄厚今等<sup>[36]</sup>以 Al 基体下 La 与 Pb 的测定(分别为平滑背景和斜坡背景), Ti 基体下 Bi。

表 1 KF 法、离峰法和在峰法校正光谱干扰时加入回收率比较

加入量		回收率		加入量		回收率	
ug/ml	KF 法	离峰法	在峰法	ug/ml	KF 法	离峰法	在峰法
La				Pb			
0.044	80.3	<0	0	0.08	84.1	<0	0
0.109	80.0	20.4	110	0.16	93.1	<0	50.2
0.544	96.0	60.8	91.0	0.40	87.5	127	80.2
2.73	97.1	90.4	97.5	2.00	95.9	92.0	91.8
Bi				Co			
0.170	98.8	—	0	0.107	91.1	—	0
0.447	70.7	—	73.0	0.537	97.7	—	84.5
0.894	106.0	—	103	1.072	102.1	—	99.4
2.236	96.6	—	90.2	2.683	99.8	—	73.8
Pt							
0.192	99.1	—	0	注: 对于简单曲线和重叠干扰, 没有合适的离峰点可供选择, 因而无法用离峰法进行校正			
0.480	97.7	—	66.4				
1.20	95.1	—	116				
2.40	95.1	—	93.3				

与 Co 的测定(为重叠干扰), V 基体下 Pt 的测定(为简单曲线型干扰)为例, 考察了 Kalman 滤波法对各种类型的光谱干扰的校正能力, 见表 1, 结果明显优于传统的在峰法和离峰法。

李划新等<sup>[37,38]</sup>将卡尔曼滤波 ICP-AES 法用于稀土元素分析, 发现该法能有效地消除和校正光谱干扰, 降低了分析的检出限, 并可对多元素混合光谱同时分辨, 将此法用于测定高纯氧化镨中的杂质。文献[39,40]将 Kalman 滤波法直接分析了光谱干扰严重的氧化铽和氧化铪中的稀土杂质。朴哲秀等<sup>[41]</sup>还进行了 Kalman 滤波法消除光谱连续背景的研究。

由于噪声的存在影响卡尔曼滤波的准确度。沈兰荪等<sup>[42]</sup>基于小波变换多分辨分析的特性, 首先用仿真数据研究了噪声对卡尔曼滤波法的影响; 其次, 将小波变换引入卡尔曼滤波法, 提出了基于小波变换的卡尔曼滤波法, 仿真实验结果表明, 该方法能有效提高卡尔曼滤波法的分析准确度。马晓国, 张展霞<sup>[43]</sup>研究表明, 当小波变换与卡尔曼滤波联用处理 ICP-AES 光谱信号时, 即使噪声含量高达 50%, 干扰线与分析线几乎完全重叠, 所得结果的误差基本上都在 10%以内。用该法测定了受 V 干扰的 Yb 和受 Cu 干扰的 Zn, 得到比较满意的结果。

#### (5) 导数光谱法

导数光谱法是提高光谱信号分辨能力的简便而有效的方法, 由于谱线半宽随求导阶数增加而变窄, 经多次求导可将重叠谱线分开。文献[44]采用了此法, 对背景或低频干扰通常用多项式  $f(\lambda)=C_0+C_1\lambda+\dots+C_n\lambda^n$  来描述, 经过  $n+1$  次求导, 干扰影响可以消除。但导数光谱的灵敏度会随求导次数的增加而大幅度地衰减, 导数光谱直接用于分析可能会带来较大的误差。

杨金夫等<sup>[45]</sup>研究了利用导数光谱法校正 ICP-AES 中光谱干扰的潜力, 一阶导数光谱法适于校正重叠度小于 0.28 的重叠干扰; 二阶导数光谱法校正重叠度小于 0.68 的重叠干扰有效, 并指出导数光谱法不仅可以校正光谱干扰而且能减小干扰物等效浓度, 从而改善其实际检出限。

李划新等<sup>[46]</sup>首次将导数光谱和 Kalman 滤波两者结合(D-KF 法)用于 ICP-AES 光谱干扰的校正, 证实了其可行性, 对重叠度高达 0.94, 峰间距小于 5pm 且峰形基本一致的重叠干扰仍有极好的分析能力。该法的检出限比导数光谱法, 常规方法的真实检出限低很多, 甚至低于传统检出限, 与 KF 法相比亦有下降。校正了大量基体 Eu 在 La379.47nm 附近产生的斜坡背景干扰, 并与离峰扣背景法, 导数光谱法, Kalman 滤波法进行了比较, 见表 2。

表 2 D-KF 法和离峰法、导数光谱法、KF 法测定对照结果

	La		
	加入量/(mg/L)	测定值/(mg/L)	回收率(%)
离峰法	1.27	1.08	85.0
二阶导数光谱法	1.27	1.35	106.3
KF 法	1.27	1.15	90.6
二阶 D-KF 法	1.27	1.29	101.6

注: 基体 Eu 的含量为 949mg/L。

#### (6) 其他方法

为了解决 ICP-AES 法中的光谱干扰问题, 除了上述方法外, 校正光谱干扰的方法还有很多, 如计算机差谱法<sup>[47]</sup>、去卷积法<sup>[48]</sup>、正交多项式法<sup>[49]</sup>、矩阵投影算法<sup>[50]</sup>、因子分析法<sup>[51]</sup>“专家系统”的谱线干扰校正法<sup>[52]</sup>, 包括数据平滑、导数光谱、FFT 技术以及谱图分解等, 但大多离实际应用尚有一段距离。

### 3 光谱干扰校正方法应用情况

以下列举了部分近年来光谱干扰校正方法在国内的应用情况。

表 3 光谱干扰校正方法应用一览表

干扰校正方法	文献	样品	备注
干扰系数法 背景干扰校正法*	[53]*	稀土镁合金	检出限(钙、锰、钛)小于 0.005%
	[54]*	铝锭	测定铁、锰、铜、锌、镁、钛、硅、镓
	[55]	钨合金	测定钨基中 67 种杂质元素, 并与 FAAS 和石墨炉原子吸收光谱法进行比较
	[56]*	铝铁	测定微量杂质元素 Si, Sb, Sn, Cu
	[57]	不锈钢	测定铬、镍、钛、硅、锰、磷、铜、钼, 并与化学方法, 原子吸收光谱法进行对照
	[58]	高温合金	痕量铅, 测定下限为 0.0005%, 测定精度 RSD $\leq$ 20%
	[59]	明胶	测定微量钴和铋, RSD $<$ 2.00%, 加标回收率为 98%~107%
	[60]*	工业氢氧化钠	测定 Fe, Si, Ca, Mg, 加标回收率在 97.90%~105%之间
	[61]	水性墙面涂料	测定可溶性重金属铅、镉和铬
	[62]	稀土铽	测定共存的 14 种稀土元素, 建立了高纯氧化铽 ICP-AES 无基体匹配定量分析方法, 合成样品回收率多数为 90%~110%
[63]*	方铅矿	同时测定方铅矿中镉、钴、铜、铁、铟、铅、锌 7 种元素, 相对误差(n=8)1.50%~7.50%, RSD(n=8)1.70~5.70%	
Kalman 滤波法	[64]	稀土	采用光谱拟合矩阵投影——卡尔曼滤波法校正稀土基体对钙的光谱干扰
多元谱线拟合法 (MSF 法)	[65]	铜合金	方法的检出限为 0.065 $\mu$ g/ml, 精密度为 1.73%, 回收率为 92.50%。
	[66]	植物油	OPTIMA5300DV 型光谱仪, 测定磷, 校正了铜对 $\lambda$ 231.517、P214.914 的光谱干扰
	[67]	镉铈混合物	OPTIMA2000DV 型光谱仪, 测定其中的 Sm, $D_L=9 \times 10^{-8}$ g, RSD=1.0%~1.5%, 加标回收率为 98%~102%, 适合于测定镉铈中 0.01%~1.00%的 Sm
	[68]	混合稀土	OPTIMA2000XL 型光谱仪, 15 种稀土元素方法回收率 98.4%~101.7%, RSD $<$ 2%
	[69]	明胶	OPTIMA4300DV 型光谱仪, 测定明胶中微量 Hg 和 Rh, 应用 MSF 模型校正了汞的光谱干扰和背景干扰
	[69]	土壤, 沉积物	OPTIMA3000DV 型光谱仪, 测定土壤, 沉积物中常微量元素, 用 MSF 法校正光谱干扰, 与高峰扣背景法相比检出限和 RSD 改善了 1.3~9.0 和 1.1~4.9 倍。

注: \*为同时考察了背景干扰校正法。

#### 4 结束语

在 ICP-AES 分析中光谱干扰客观存在, 各种光谱干扰消除校正方法有效地减小了光谱干扰的影响, 提高了 ICP-AES 测定的准确度。从目前的应用上来看, 干扰系数法是最常用的方法之一, 在实际样品分析中等到了广泛应用。元素干扰校正系数法, 背景干扰校正技术在商品化仪器中有着广泛的应用, 多元光谱拟合法校正法(MSF)已开始应用于部分商品化仪器中, 如 PE 公司 Optima 5300DV 型光谱仪, Perkin-Elmer 3000 型。但各种校正方法还存在不同程度的误差, 一些高纯物质分析的更高要求还有必要对光谱干扰校正方法进行更进一步研究。

在常规分析中, 最简便实用的方法就是在检出能力有保证的前提下选择不受干扰或干扰较少的分析线, 采用基体匹配抵消基体效应, 背景校正法扣除干扰, 对于干扰严重的元素采用干扰系数校正法校正, 当干扰元素同时又是被干扰元素时, 考虑元素间的交互干扰。但应注意共存元素间的谱线干扰程度与所用仪器的性能和条件有关, 干扰系数不同, 需经实际测定。

#### 参 考 文 献

- 1 辛仁轩. 等离子体发射光谱分析[M]. 化学工业出版社, 2005.
- 2 陈新坤. 电感耦合等离子体光谱原理和应用[M]. 南开大学出版社, 1987.
- 3 王长庆. 常见元素 ICP-AES 光谱图[M]. 冶金工业出版社, 1994.
- 4 钱振彭. 稀土元素 ICP-AES 光谱图[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984.
- 5 裴蒿莉. 混合稀土元素光谱图[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- 6 李冰, 尹明, 张志刚, 等. 分析测试仪器通讯[J]. 1996, 6(2): 63.
- 7 应海. 光谱学与光谱分析, 1998, 18(5): 556.
- 8 卞群洲, 彭速标, 等. 光谱学与光谱分析, 2000, 20(3): 357-360.
- 9 孙振华, 孙大海, 谷胜, 应海, 王小如, 黄本立. 光谱学与光谱分析, 2000, 20(1): 49-54.

- 10 孙振华, 李冰, 孙大海, 张志刚, 应海, 谷胜, 王小如. 光谱学与光谱分析. 2001, 21(1): 57-61.
- 11 J. M. Mermet, C. Trassy. Discussion of Spectral Interference and Line Intensities, *Spectrochim. Acta* 1981, 36B, 282.
- 12 Boumans P. W. J. M., *Spectrochim Acta* 1985, 40B: 1423.
- 13 Boumans P. W. J. M., Line selection and spectral interference in P. W. J. M. Boumans (Ed.), *Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy-Part I Methodology, Instrumentation and Performance*, Wiley-Interscience, USA, 1987, Chapter 7.
- 14 R. K. Winge, et al. *ICP-AES: An Atlas of Spectral Information*, New York: Elsevier, 1985.
- 15 Foster A. R., et al. *Appl. Spectrosc.* 1982, 36: 499.
- 16 郑建国, 张展霞, 钱浩雯. 光谱学与光谱分析, 1991, 11(1): 38.
- 17 郑国经. 冶金分析, 2001, 21(1): 36-43.
- 18 Boumans P. W. J. M. *Line Coincidence Tables for Inductively Coupled Plasma Atomic Emission spectrometry*, Oxford (1980). 2nd revised Edition (1984).
- 19 Anderson J. A. *Applied Spectroscopy*, 1982, 36: 504.
- 20 Winge R. K. *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission spectrometry. An Atlas of Spectral Information* 1984.
- 21 Winge R. K., et al. *Applied Spectroscopy* 1982, 36: 210.
- 22 电感耦合等离子体发射光谱图册. 中国光学学会光谱学会, 1986.
- 23 戴亚明, 陶美娟, 马冲先, 理化检验-化学分册, 2004, 40(3): 155-158.
- 24 邱德仁, 原子光谱分析[M]. 复旦大学出版社, 2002.
- 25 GB/T20125-200, 低合金钢多元素含量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法[s].
- 26 Y0etsu Danzaki, Kunio Takada, Kazuaki Wagatsuma, Masaoki Oku. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 1999, 364 (6): 549-550.
- 27 李帆, 叶晓英. 材料科学与工程. 2000, 13: 854-857.
- 28 金泽祥, 陈柏林, 江惠坚等. 光谱学与光谱分析, 1998, 18(3): 329-333.
- 29 张涵, 杨毅芸, 黄坚锋. 光谱学与光谱分析, 1995, 15(2): 49-56.
- 30 George C. -Y. Chan, Wing-Tat Chan. *Spectrochim Acta Part B*, 2002, 57: 1771-1787.
- 31 沈兰荪, 白梅. 分析化学, 1990, 18(10): 920.
- 32 张卓勇. 分析化学, 1992, 20(2): 180-182.
- 33 马晓国. 光谱学与光谱分析, 1994, 14(4): 55-62.
- 34 E H Van Veen, MTC de Loos-Vollebregt. *Spectrochim. Acta*, 1990, 45B(3): 313-328.
- 35 E H Van Veen, F J Oukes, MTC de Loos-Vollebregt. *Acta*, 1990, 45B(10): 1109-1120.
- 36 黄厚金, 等. 光谱学与光谱分析, 1994, 14(2): 65-72.
- 37 李划新, 邵济才, 周雅丽, 等. 光谱实验室, 1994, 11(5): 7.
- 38 李划新, 刘传锦, 郑晓红, 邵济才, 朱明华, 陶卫. 稀土. 1994, 15(5): 11.
- 39 朴哲秀, 曾宪津. 光谱学与光谱分析. 1995, 15 (4): 65.
- 40 武兴德, 刘杰, 杨金夫, 曾宪津, 陈新海. 光谱学与光谱分析, 1996, 16 (5): 58.
- 41 朴哲秀, 杨金夫, 曾宪津, 陈新海. 光谱学与光谱分析, 1995, 15(1): 61.
- 42 秦侠, 沈兰荪. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(6): 1009-1012.
- 43 马晓国, 张展霞. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(4): 31-34.
- 44 Taylor. *Spectrochim Acta*, 1986, 41B: 81.
- 45 杨金夫. 光谱学与光谱分析, 1992, 12(5): 55-62.
- 46 李划新, 邵济才, 刘传锦, 陶卫, 朱明华. 光谱学与光谱分析, 1996, 16(2): 43-47.
- 47 Vanveen E. H. *Applied Spectroscopy*, 1989, 43B: 96-103.
- 48 YONGNIAN NI, YINGLIANG WU, KOKOT Serge. *Analytical Atomic Spectrometry*, 2002, 17, 596-602.
- 49 Hassan S. M. Loux N. T. *Spectrochim Acta*, 1990, 45B: 719-727.
- 50 孙大海, 张志刚, 庄峙厦, 谷胜, 王小如. 光谱学与光谱分析, 1998, 18(2): 194-198.
- 51 张卓勇, 刘思东. 光谱学与光谱分析, 1998, 18(3): 334-337.
- 52 应海, 杨芑原, 王小如, 黄本立. 光谱学与光谱分析, 1998, 18(6): 687-692.
- 53 陆军, 孟平等. 金属制品, 2004, 30(4): 51-53.
- 54 钟志光, 卞群洲, 刘崇华, 卢焯冬, 贺柏龄. 光谱实验室, 1999, 16(6).

- 55 Zun Ung BAE, Sung Ho LEE, Sang Hak LEE. ANALYTICAL SCIENCES, 1995, 11: 809-815.
- 56 成勇, 肖军, 宁燕平, 胡金荣. 冶金分析, 2003, 23(3): 28-30.
- 57 刘虹, 杨胜喜. 冶金分析, 2002, 22(6): 40-42.
- 58 杨桂香, 郑国经. 冶金分析, 2002, 22(2): 1-5.
- 59 杜保安, 申世刚, 李志庭, 徐建中, 马礼谦, 孙汉文. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(1): 113-115.
- 60 张朝阳, 马名扬, 毕鸿亮. 光谱实验室, 2005, 22(4): 868-870.
- 61 金献忠, 郑曙昭, 李荣专, 丘寅, 蔡延平. 光谱学与光谱分, 2004, 24(9): 1127-1129.
- 62 王彦芬, 刘金霞, 朱敏, 黄志荣. 南开大学学报(自然科学版), 2006, 39(5): 97-101.
- 63 王松君, 常平等. 分析实验室, 2007, 26(3): 39-42.
- 64 倪永年, 吴英亮, 刘文华. 光谱学与光谱分析, 2001, 21(1): 73-76.
- 65 李元之. 铜对磷的测定的干扰及干扰消除的研究, 中国学位论文文摘数据库, 2004.
- 66 郭岚, 谢明勇, 鄢爱平, 李包友. 分析实验室, 2007, 26(4): 58-61.
- 67 赵朝辉. 矿产综合利用, 2007, 4: 47-49.
- 68 杜保安, 杨玉华, 李正平. 光谱学与光谱分析, .2006, 26(1): 140-143.
- 69 李芳, 杨秀环, 等. 光谱学与光谱分析, .2000, 20(4): 501-506.

## STUDY ON SPECTRAL INTERFERENCES AND CORRECTION METHODS IN ICP-AES

MEI Tan TAO Meijuan YAN Guoqiang

Testing Center, Shanghai Research Institute of Materials Shanghai 200437

**Abstract:** Source of spectral interferences, correction methods and their application in ICP-AES were reviewed in this paper. (60 ref. cited).

**Key words:** ICP-AES Spectral interferences Spectral interferences correction Review