

分析测试经验介绍 (144~148)

# 超级微波消解-电感耦合等离子体质谱法 测定化妆品中 4 种微量元素

徐勤科<sup>1</sup>, 孙 莺<sup>1</sup>, 张 东<sup>2</sup>, 王玉梅<sup>1</sup>, 武 悦<sup>1</sup>, 李 莉<sup>1</sup>, 郭朝晖<sup>1</sup>, 杜 兴<sup>1</sup>

(1. 甘肃省药品检验研究院, 中国 兰州 730000;

2. 甘肃陇神戎发药业股份有限公司, 中国 兰州 730000)

**摘要:** 依据超级微波消解-电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)对甘肃省内各个市、州、县地区在售的 53 批次粉状彩妆类化妆品进行检测,采用在线内标校正、外标法定量分析彩妆类化妆品中铅、砷、汞、镉等 4 种元素的含量情况。在曲线浓度 0~100  $\mu\text{g/L}$  (Hg: 0~5  $\mu\text{g/L}$ ) 时,样品检出限为 0.000 016~0.004 6 mg/kg,线性相关系数均大于 0.998 5,内标 RSD 小于 5.0%,加标回收率为 78.3%~104.8%。试验结果表明,在同时测定粉状彩妆类化妆品中 4 种元素过程中,方法简便、快捷、省时、节约成本,并且灵敏度高、重现性好。

**关键词:** 粉状彩妆类化妆品;元素;微波消解;电感耦合等离子体质谱法

中图分类号: O657.63

文献标志码: B

文章编号: 1006-3757(2021)02-0144-05

DOI: 10.16495/j.1006-3757.2021.02.011

## Determination of 4 Species of Trace Elements in Cosmetics by Super Microwave Digestion-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

XU Qin-ke<sup>1</sup>, SUN Ying<sup>1</sup>, ZHANG Dong<sup>2</sup>, WANG Yu-mei<sup>1</sup>, WU Yue<sup>1</sup>, LI Li<sup>1</sup>,  
GUO Zhao-hui<sup>1</sup>, DU Xing<sup>1</sup>

(1. Gansu Pharmaceutical Inspection Institute, Lanzhou 730000, China;

(2. Gansu Longshenrongfa Pharmaceutical Industry Co., Ltd, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** According to the microwave digestion-inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), 53 batches of powder cosmetics samples from various cities, prefectures and counties in Gansu province were tested. The contents of lead, arsenic, mercury and cadmium in cosmetics were quantitatively analyzed using an online internal standard correction and external standard method. When the curve concentration was 0~100  $\mu\text{g/L}$  (Hg: 0~5  $\mu\text{g/L}$ ), the detection concentration was 0.000 016~0.004 6 mg/kg, the linear correlation coefficients were all greater than 0.998 5, the internal standard RSD was less than 5.0%, and the recovery was 78.3%~104.8%. The test results showed that the method is simple, fast, time-saving, cost saving, highly sensitive and has a good reproducibility in the process of simultaneous determination of four elements in powder cosmetics.

**Key words:** powdery make-up cosmetics; elements; microwave digestion; ICP-MS

近年来,随着人们物质生活水平的提高,彩妆类 化妆品被更多的时尚女士及部分男士使用,所以彩

收稿日期:2021-02-02; 修订日期:2021-05-13.

作者简介:徐勤科(1983-),男,硕士,工程师,研究方向:化妆品、药品、保健食品检测及质量标准研究,E-mail:119275953@qq.com

通信作者:孙莺(1981-),女,博士,主任药师,研究方向:药品、化妆品、保健食品检测及微生物质量标准研究,E-mail:331569802@qq.com.

妆类化妆品的安全性也备受关注。化妆作为一种礼节及形象塑造的理念,以前常用到的口红、胭脂等已经不能满足广大的爱美人士,所以衍生而来的粉饼、眼影、腮红、眼线笔、睫毛膏等已经被越来越多的中国大众所接受。中国彩妆市场发展迅速,根据 Euromonitor 数据,2019 年我国彩妆消费在化妆品消费占比约为 11.5%,比上一年增长 38%,这就意味着彩妆行业开发空间巨大<sup>[1-2]</sup>。

化妆品中的重金属历来是消费者关注的热点,重金属可以通过皮肤、呼吸道等进入人体,对人体血液、神经、消化、泌尿系统产生毒性作用,从而影响人体的新陈代谢,引发人体病变,更甚者诱发癌变。彩妆类化妆品也不例外,《化妆品安全技术规范》(2015 年版)(以下简称“规范”)明确规定,化妆品中的铅、砷、汞、镉为禁用组分。鉴于这些元素在原料、生产环节、环境以及储存运输过程中可能会被带入,规范中对这些组分明确了限量要求<sup>[3]</sup>。目前,比较常见的检测化妆品中重金属的方法有紫外可见分光检测法、原子荧光光度测量法、原子吸收分光光度测量法、电感耦合等离子体质谱法等。其中紫外法检验成本较低,但是灵敏度和选择性较差。原子吸收法检出限低、灵敏度高、精密度好、选择性高、准确度高、应用范围广,但是无法同时进行多元素分析。原子荧光法发射谱线简单,线性范围较宽,抗干扰能力强,但仅能检测具有荧光发射的元素,适用分析的元素范围有限。电感耦合等离子体质谱法灵敏度高、检出限低,可实现多元素同时分析,还可以进行同位素分析<sup>[4-6]</sup>。本文选取 53 批次粉状彩妆类化妆品,采用超级微波-电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定样品中铅、砷、汞、镉等 4 种元素。与规范中方法相比较,本文采用超级微波消解处理样品,样品损耗少,所需要的试剂和样品量也较少,并且样品前处理简单,因此样品空白基质干扰较小,检出限更低,更加环保,可为加强粉状彩妆类化妆品中重金属元素的日常监管提供技术和数据支撑。

## 1 试验部分

### 1.1 仪器与试剂

岛津 2030 电感耦合等离子体质谱仪(日本岛津公司);Multiwate 7000 微波消解仪(奥地利安东帕公司);ME204 电子天平(瑞士梅特勒公司);铅、汞、砷单元素标准溶液(均为 1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,中国计量科学研究院);镉单元素标准溶液(1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,山东省

冶金科学研究院);Re 内标溶液[1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,安捷伦科技(中国)有限公司];Rh 内标溶液[10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,安捷伦科技(中国)有限公司]。超纯水(电阻率 18.2  $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ )由 Milli-Q (IQ7000 超纯水仪,美国 Millipore 公司)制备。硝酸、过氧化氢、氢氟酸:UPS 级,苏州晶瑞化学股份有限公司。

试验样品:随机抽取甘肃地区 14 个市售化妆品,共计 53 批次,包含有蜜粉、粉饼、眼影、腮红及气垫霜。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 超级微波消解程序

第一阶段:爬坡温度 180  $^{\circ}\text{C}$ ,时间 10 min,保持 10 min;第二阶段:爬坡温度 280  $^{\circ}\text{C}$ ,时间 10 min,保持 20 min。冷却温度 80  $^{\circ}\text{C}$ 。

#### 1.2.2 ICP-MS 工作条件

射频功率 1 550 W,雾化室温度 5  $^{\circ}\text{C}$ ,测定模式为碰撞反应模式,采样深度 5.0 mm,等离子体氩气流速 11.0 L/min,雾化器氩气流速 0.7 L/min,积分时间分割次数 10 次。为校正补偿样品的基体效应和信号漂移,对所测定元素不产生干扰的情况下选择 Re 和 Rh 作为在线内标。

#### 1.2.3 标准溶液的制备

铅、砷、镉混合标准使用液(1 000  $\mu\text{g}/\text{L}$ ):分别吸取铅、砷、镉单元素标准溶液(1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 0.1 mL 于 100 mL 容量瓶中,加 3.2% 硝酸溶液(V/V)稀释至刻度,摇匀。

汞单元素标准使用液(100  $\mu\text{g}/\text{L}$ ):吸取汞单元素标准溶液(1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 1.0 mL,置于 100 mL 容量瓶中,加 3.2% 硝酸溶液稀释至刻度,摇匀后配制成 10 mg/L 汞标准溶液。取该溶液 1.0 mL,置于 100 mL 容量瓶中,加 3.2% 硝酸溶液稀释至刻度,摇匀即得(100  $\mu\text{g}/\text{L}$ )标准使用液。

#### 1.2.4 标准曲线的绘制

分别取铅、砷、镉混合标准使用液(1 000  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) 0.00、0.05、0.10、0.50、1.00、10.00 mL 和汞标准使用液 0.00、0.20、0.50、1.00、2.00、5.00 mL 于 100 mL 容量瓶中,加 3.2% 硝酸溶液稀释至刻度,摇匀。制成 0.00、0.50、1.00、5.00、10.00、100.00  $\mu\text{g}/\text{L}$  的混合标准系列溶液和 0.00、0.20、0.50、1.00、2.00、5.00  $\mu\text{g}/\text{L}$  的汞元素标准系列溶液,临用现制。

#### 1.2.5 内标溶液的制备

Re 内标标准使用液(10 mg/L):吸取 Re 内标溶液(1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 1.0 mL,置于 100 mL 容量瓶中,

加 3.2% 硝酸溶液稀释至刻度, 摇匀。

混合内标使用液(200  $\mu\text{g}/\text{L}$ ): 分别量取 Re 内标标准使用液(10  $\text{mg}/\text{L}$ ) 和 Rh 内标溶液(10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 各 2.0 mL, 置于 100 mL 容量瓶中, 加 3.2% 硝酸溶液稀释至刻度, 摇匀即得。

### 1.2.6 样品及加标样品的处理

称取样品 0.3 000 g(精确到 0.000 1 g) 置于消解罐中, 先加超纯水 1.0 mL, 润湿摇匀。再加入硝酸 2.0 mL, 静置过夜, 充分作用。然后再依次加入过氧化氢 1.0 mL, 将消解罐晃动几次, 使样品充分浸没。置于微波消解炉内消解, 消解完成后, 取出冷却, 将消解好的含样品的消解罐放入温度可调的 100  $^{\circ}\text{C}$  电加热器中数分钟, 驱除样品中多余的氮氧化物, 以免干扰测定。消解液转移至 25 mL 容量瓶中, 使用超纯水洗涤消解罐数次, 合并洗涤液, 使用超纯水定容至刻度, 同法配制样品空白, 供 ICP-MS 测定。

加标样品处理: 称量完样品后加入适量铅、砷、镉(质量浓度为 1 000  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) 和汞(质量浓度为 100  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) 的标准溶液, 混合均匀后, 按照上述样品处理方法进行处理并测定。

### 1.2.7 样品测定

仪器稳定后, 利用 T 型混合器在线加入标准曲线溶液, 以其响应值对其质量浓度进行线性回归拟合, 得到线性方程。同样, 以在线加入内标的方式对样品溶液进行测定, 仪器自动计算出待测溶液的浓度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 样品的前处理

超级微波相比普通微波可以设置更高的温度和

压力, 其消解罐容积较小, 故样品的称样量一般在 0.2~0.3 g 左右, 消解时加入的酸就少, 所以消解完成后不需要赶酸, 这样可以减少样品在赶酸过程中元素的损失。

由于超级微波消解罐容积小, 在加入酸时反应剧烈会喷出消解罐。本文采用的方法是先加入 1.0 mL 超纯水, 待样品完全润湿后加入 2.0 mL 硝酸放置过夜, 次日再加入 1.0 mL 的过氧化氢消解。通过控制硝酸的加入量以降低空白样品的基质干扰, 提高方法的灵敏度。

粉状彩妆类化妆品主要成分都是由滑石粉、云母、硬脂酸镁、硅石、二氧化钛、高岭土等组成, 一般采用的方法是直接加入氢氟酸消解。本文研究表明, 当加入 2.0 mL 氢氟酸时, 消解液中仍有大量沉淀。氢氟酸加入量过大, 对样品的结果准确性干扰较大, 而且对仪器的损害也比较大。因此, 本文舍弃了样品消解时添加氢氟酸, 采用样品消解完成后, 离心消解溶液, 取上清液作为供试品的方法<sup>[7-8]</sup>。

### 2.2 线性范围和方法检出限

试验结果表明, 测定元素的响应值在质量浓度为 0~100  $\mu\text{g}/\text{L}$  (Hg: 0~5  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) 范围内线性关系良好, 相关系数均大于 0.998 5, 表明在该质量浓度范围内, 所测定元素的仪器响应与其质量浓度线性较好。依据下列公式计算方法检出限: 检出浓度 = 仪器检出限( $\mu\text{g}/\text{L}$ )  $\times$  稀释倍数/理论取样量(g)/换算系数, 结果如表 1 所列。与规范中规定的最低检测限 As: 0.001  $\text{mg}/\text{kg}$ 、Cd: 0.001  $\text{mg}/\text{kg}$ 、Hg: 0.001  $\text{mg}/\text{kg}$ 、Pb: 0.030  $\text{mg}/\text{kg}$  相比较, 本文方法最低检测限更低<sup>[3]</sup>。

表 1 线性范围和方法检出限

Table 1 Linearity range and limits of detection

元素	线性方程	线性范围 /( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	相关系数 $r$	检测线 LOD/( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	检出质量分数 /( $\text{mg}/\text{kg}$ )
As	$C=0.543\ 037\ 7\times I-0.533\ 860\ 2$	0~100	0.999 9	0.056 0	0.004 6
Cd	$C=0.322\ 818\ 3\times I-0.055\ 624\ 8$	0~100	1.000 0	0.001 6	0.000 13
Hg	$C=0.059\ 330\ 2\times I+0.160\ 260\ 1$	0~5	0.998 5	0.000 2	0.000 016
Pb	$C=0.034\ 863\ 7\times I-0.339\ 788\ 5$	0~100	0.999 9	0.006 4	0.000 53

### 2.3 加标回收率

为了验证该方法的准确性和可靠性, 进行了样品加标测定, 加标量大约为样品中所测定元素含量的 0.5~2.0 倍<sup>[9-12]</sup>, 分为高、低两种添加浓度。高浓度铅、砷、镉加标质量分数为 6.670  $\text{mg}/\text{kg}$  (汞元素加

标质量分数为 0.420  $\text{mg}/\text{kg}$ ), 低浓度铅、砷、镉加标质量分数为 0.670  $\text{mg}/\text{kg}$  (汞元素加标质量分数为 0.033  $\text{mg}/\text{kg}$ ), 按照试验方法进行前处理和检测, 每个样品平行测定 3 次, 取其平均值计算回收率。铅、砷、汞、镉 4 种元素的回收率均在 78.3%~104.8% 之

间,内标相对标准偏差(RSD)均小于5.0%,表明本方法可靠. 试验结果如表2所列.

表2 方法加标回收率( $n=3$ )  
Table 2 Results of recovery ( $n=3$ )

元素	本底质量分数 /(mg/kg)	低浓度			高浓度		
		加标质量分数 /(mg/kg)	测定质量分数 /(mg/kg)	回收率 /%	加标质量分数 /(mg/kg)	测定质量分数 /(mg/kg)	回收率 /%
<sup>75</sup> As	0.070	0.670	0.650	88.3	6.670	6.110	84.5
<sup>111</sup> Cd	0.020	0.670	0.610	88.0	6.670	6.720	100.4
<sup>202</sup> Hg	0.002	0.033	0.028	78.3	0.420	0.340	80.1
<sup>208</sup> Pb	0.300	0.670	0.960	98.5	6.670	7.290	104.8

## 2.4 方法重现性

为了验证此方法的准确性,对高浓度加标样品连续测定7次,计算相对标准偏差(RSD)均小于5.7%,表明本方法准确性较好<sup>[13]</sup>. 试验结果如表3所列.

表3 方法重现性( $n=7$ )

Table 3 Results of repeatability of method ( $n=7$ )

元素名称	RSD/%	元素名称	RSD/%
As	3.4	Cd	1.8
Hg	5.7	Pb	2.6

## 2.5 粉状彩妆类化妆品实际样品的测定及质量评价

对53批次粉状彩妆化妆品铅、砷、汞、镉元素的含量进行测定,并对检测出来的结果进行统计分析. 53批次粉状彩妆化妆品包括3批次蜜粉、2批次气垫霜、24批次粉饼、10批次腮红、14批次眼影. 其中有一批粉饼的铅元素超标,结果为26.55 mg/kg. 结果表明:粉状彩妆化妆品中,含量普遍较高的金属元素为砷和铅,而镉和汞大多数都未检出(如表4所列).

表4 化妆品53批粉状彩妆类样品中元素测定

Table 4 Determination of elements in 53 batches of powder cosmetics samples / (mg/kg,  $n=6$ )

样品	样品各元素质量分数			
	Pb	As	Hg	Cd
基质				
蜜粉	5.350±6.350	ND	0.030±0.020	0.030±0.050
气垫霜	0.530±0.560	0.340±0.230	0.030±0.020	0.010±0.002
粉饼	5.880±4.170	0.880±0.010	0.150±0.170	0.010±0.010
腮红	5.380±4.540	0.580±0.830	0.270±0.260	0.020±0.005
眼影	9.250±0.470	0.460±0.650	0.260±0.030	0.010±0.010

注:ND为未检出

规范中元素限量规定:铅不高于10 mg/kg,砷不高于2 mg/kg,汞不高于1 mg/kg,镉不高于5 mg/kg.对比规范中给出的限量要求,对53批次粉状彩妆类化妆品的测定结果数据统计发现:(1)有一批次样品不合格,本次检验样品合格率为98.1%.(2)本次检验样品中蜜粉、气垫霜、腮红和眼影合格率为100.0%,粉饼的合格率为95.8%.(3)粉状彩妆类化妆品中镉元素和汞元素的含量较低,还有部分产品未检出这两种元素.(4)粉状彩妆类化妆品中砷元素和铅元素检出较多,并且含量相对较高,特别是铅元素在53批次样品中有52批次样品均有检

出,而且有5批次含量超过9 mg/kg,非常接近规范中铅元素的限量值.(5)一批次不合格样品为粉饼,铅元素超出限量值.

## 3 结论

建立了超级微波-电感耦合等离子体质谱仪对粉状彩妆类化妆品中铅、砷、汞、镉元素的ICP-MS检测方法,细化了粉状彩妆类化妆品样品前处理过程及方法,排除和优化了部分由前处理带入的干扰,从而降低了方法检出限,提高了灵敏度.对53批次的粉状彩妆类化妆品检测可以看出,产品基本符合

《化妆品安全技术规范》(2015年版)规定的重金属元素铅、砷、汞、镉含量控制要求。不过,由于部分粉状彩妆类化妆品中铅和砷元素的含量已经接近或超过规范所规定的限量值,因此应重点关注粉状彩妆类化妆品中铅和砷元素的含量。借此希望引起化妆品检验部门和监管部门的重视,加大产品质量监管力度,提高产品质量和规范销售市场。

## 参考文献:

- [ 1 ] 360wikipedia. Cosmetics [EB/OL]. <https://baike.so.com/doc/739150-782459.html>.
- [ 2 ] 周昊涵, 申山雪, 唐苏. 化妆品中的重金属危害探讨[J]. 现代商贸工业, 2016, 30:189-190. [ZHOU Hao-han, SHEN Shan-xue, TANG Su. Discussion on the harm of heavy metals in cosmetics [J]. Modern Business Trade Industry, 2016, 30:189-190.]
- [ 3 ] 张庆生, 王钢力. 化妆品安全技术规范. 读本[M]. 北京:人民卫生出版社, 2017. [ZHANG Qin-sheng, WANG Gang-li. Cosmetic safety technical specification reader [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017.]
- [ 4 ] 李晓萍, 黄艳子, 顾小移. 化妆品中重金属的检测方法探讨[J]. 科学咨询, 2020(7):85. [Li Xiao-ping, Huang Yan-zi, Gu Xiao-yi. Discussion on the detection methods of heavy metals in cosmetics [J]. Scientific Consult, 2020(7):85.]
- [ 5 ] 钟红霞, 张泉雄. 化妆品重金属检测方法及现状探讨[J]. 化工管理, 2020(15):37-38. [ZHONG hong-xia, ZHANG Xiao-xiong. Methods and status of detection of heavy metals in cosmetics [J]. Chemical Management, 2020(15):37-38.]
- [ 6 ] 李心爱, 李周敏, 姚颖, 张艾彩璐, 刘晓莹. 化妆品中重金属快速检测方法现状及探讨[J]. 日用化学工业, 2018, 48(12):711-716. [Li Xin-ai, Li Zhou-min, Yao ying, ZHANG Aicaijun, LIU Xiaoying. Current state and discussion of rapid detection methods of heavy metals in cosmetics [J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2018, 48(12):711-716.]
- [ 7 ] 符传武, 丘莹, 洪薇. ICP-MS法测定美白祛斑类化妆品中的汞、砷、铅、镉和铬[J]. 香料香精化妆品, 2019, 4(2):45-47, 52. [FU Chuan-wu, QIU ying, HONG wei. Determination of mercury, arsenic, lead, cadmium and chromium by inductively coupled plasma mass spectrometry in whitening cosmetics [J]. Fragrance Cosmetics, 2019, 4(2):45-47, 52.]
- [ 8 ] 沈杰平, 刘庆, 刘凤丹, 周葵霞. 四种原子光谱法检测三种粉类化妆品中七种重金属的比较探究[J]. 化工管理, 2019, 2(5):122-123. [SHEN Jie-ping, LIU qing, LIU Feng-dan, ZHOU Kui-xia. Comparative study on the detection of seven heavy metals in three kinds of powder cosmetics by four kinds of atomic spectrophotometry [J]. Chemical Enterprise Management, 2019, 2(5):122-123.]
- [ 9 ] 杜丽娜, 余若祯, 王海燕, 陆韻, 刘征涛. 重金属镉污染及其毒性研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(2):167-174. [DU Li-na, YU Ruo-zhen, WANG Hai-yan, LU Yun, LIU Zheng-tao. Pollution and toxicity of cadmium; a review of recent studies [J]. Journal of Environment and Health, 2013, 30(2):167-174.]
- [ 10 ] 吴惠刚, 欧阳珮珮, 黄诚, 周日东, 卢丽明. 电感耦合等离子体质谱法同时测定化妆品中的铅、镉、砷[J]. 中国卫生检验杂志, 2012, 22(6):1265-1267. [WU Hui-gang, OUYANG Pei-pe, HUANG Cheng, ZHOU Ri-dong, LU Li-ming. Determination of lead, cadmium and arsenic in cosmetics by ICP-MS [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2012, 22(6):1265-1267.]
- [ 11 ] 王欣美, 王柯. 电感耦合等离子体质谱法同时测定化妆品中12种元素[J]. 日用化学工业, 2014, 44(12):710-713. [WANG Xin-mei, WANG Ke. Simultaneous determination of 12 elements in cosmetics by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2014, 44(12):710-713.]
- [ 12 ] 张妮娜, 刘丽萍. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定8类化妆品中23种元素[J]. 环境化学, 2013, 32(9):1815-1818. [ZHANG Ni-na, LIU Li-ping. Determination of 23 elements in 8 cosmetics by microwave digestion and inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Environmental Chemistry, 2013, 32(9):1815-1818.]
- [ 13 ] 戴骐, 林晓娜, 吴艳燕, 楼士铭, 陈俊晓. ICP-AES法测定化妆品中铅、镉、砷、汞、锑、铬、镍、钡、锶等禁限用元素含量[J]. 分析试验室, 2012, 31(6):54-58. [DAI Qi, LIN Xiao-na, WU Yan-yan, LOU Shi-ming, CHEN Jun-xiao. Determination of forbidden and restricted elements lead, cadmium, arsenic, mercury, antimony, chromium, nickel, barium and strontium in cosmetic products by ICP-AES [J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2012, 31(6):54-58.]