

氢化物发生-原子荧光法测定土壤中碲的含量

李永蓉^{1,2}, 贺小敏^{1*}, 施敏芳¹, 田文娟¹, 张 蒙¹, 范俊楠¹

(1. 湖北省环境监测中心站, 武汉 430072; 2. 武汉长江科创科技发展有限公司, 武汉 430010)

摘 要: **目的** 建立一种用氢化物发生-原子荧光法测定土壤中痕量碲的检测方法。**方法** 样品经 8 mL 硝酸 + 3 mL 高氯酸 + 6 mL 氢氟酸低温消解后, 加入抗干扰剂, 直接用原子荧光法进行土壤中碲含量测定。**结果** 在最佳条件下, 碲的标准曲线线性良好, 相关系数 0.9998, 该方法检出限 1.8 $\mu\text{g/kg}$, 精密度为 3.4%。选取湖北省内的 5 个实际土壤分析检测, 碲的含量为 0.02~0.08 mg/kg 之间, 回收率为 92.5%~105%。**结论** 该方法成本低、易操作, 可适用于实际土壤样品中的痕量碲测定。

关键词: 土壤; 碲; 消解; 原子荧光光谱法

Determination of tellurium in soils by hydride generation-atomic fluorescence spectrometry

LI Yong-Rong^{1,2}, HE Xiao-Min^{1*}, SHI Min-Fang¹, TIAN Wen-Juan¹,
ZHANG Meng¹, FAN Jun-Nan¹

(1. Hubei Provincial Environmental Monitoring Center Station, Wuhan 430072, China;

2. Wuhan Changjiang Kechuang Science and Technology Development Company, Wuhan 430010, China)

ABSTRACT: Objective To establish a simple method for the determination of trace tellurium in soil by hydride generation-atomic fluorescence. **Methods** After the sample was digested at low temperature by 8 mL nitric acid+3 mL perchloric acid+6 mL hydrofluoric acid, anti-interference agent was added and the tellurium content in the soil was directly determined by atomic fluorescence method. **Results** Under the best conditions, the standard curve of tellurium was linear and the correlation coefficient was 0.9998. A total of 5 actual soils in Hubei province were selected for analysis and detection. The tellurium contents were 0.02–0.08 mg/kg , and the recovery rates were 92.5%–105%. **Conclusions** This method is low cost and easy to operate, and can be applied to the determination of trace tellurium in real soil samples.

KEY WORDS: soil; tellurium; digestion; atomic fluorescence spectrometry

1 引 言

碲是银白色带金属光泽的固体, 和硒同属元素周期表第 VI 主族, 属分散元素, 它在地壳中平均丰度为 1×10^{-7} , 广泛应用于冶金、化工、电子、航天、能源、医药等领域^[1]。

碲具有一定的毒性, 可与血浆中的蛋白结合, 主要对呼吸道、皮肤、消化道和神经系统有影响, 引起肺气肿、皮肤过敏、头痛不适、呕吐和支气管炎等, 给人体带来危害^[2]。

土壤是人类赖以生存的基础, 人类的生产生活离不开它。随着工业的不断发展, 碲的使用范围逐步扩大, 碲

基金项目: 湖北省土壤污染风险评估与成因研究项目(2017 年土壤污染防治专项资金)

Fund: Hubei Province Soil Pollution Risk Assessment and Cause Research Project (2017 Special Fund for Soil Pollution Control)

*通讯作者: 贺小敏, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为环境监测分析研究。E-mail: 39208454@qq.com

*Corresponding author: HE Xiao-Min, Ph.D, Senior Engineer, Hubei Provincial Environmental Monitoring Center Station, Wuhan 430072, China. E-mail: 39208454@qq.com

污染也逐渐严重。在生产活动中, 砷可以被农产品吸收富集, 土壤受砷污染后, 不仅严重影响农产品的产量和品质, 还通过食物链对人体健康构成威胁^[3]。目前, 我国尚无砷的食品安全质量标准及土壤环境质量标准, 也无配套的国家或行业标准监测分析方法, 因此开展土壤中痕量砷的定量分析对后续开展砷的风险评估具有重要意义。

常用分析砷的方法有原子荧光光谱法^[4-7]、原子吸收光谱法^[8]、光度法、极谱法、等离子体质谱法^[9]。原子吸收光谱法测定时火焰产生的背景干扰大, 光度法和极谱法分析步骤繁琐耗时较长, 等离子体质谱法价格昂贵, 而原子荧光光谱法具有检出限低、灵敏度高、分析速度快等优点, 从而被广泛应用于测定痕量砷^[10,11]。一些研究者现也开展了土壤中砷检测条件优化的研究。单孝全等^[12]采用基体改进技术, 用碘化钾-甲基异丁酮体系萃取, 石墨炉原子吸收测定土壤、粮食、蔬菜中砷含量。黄春晖等^[13]提出以硝酸、氢氟酸、高氯酸多次分解样品, 并用氢溴酸进行处理, 原子荧光光谱法测定土壤中砷含量。黄桂荣等^[14]采用微波消解土壤样品, OnGuard II H 柱消除消解液中金属元素干扰, 原子荧光法测定土壤中砷的含量。王菊香等^[15]提出用 1:1(V:V)王水、沸水浴 1 h 分解土壤样品后用原子荧光光谱法测定土壤中砷含量。但上述方法中因甲基异丁酮萃取剂刺激性强, 有毒, 其蒸气比空气重, 能在较低处扩散到相当远的地方, 遇明火会引着回燃, 易与空气形成爆炸性混合物, 且对实验人员的身体健康构成威胁、过柱子消除干扰成本较高、多次加酸消除步骤繁琐等, 均不宜推广。

因此, 本研究采用少量三酸低温消解, 加入抗干扰剂, 用原子荧光光度法直接测定土壤中砷含量。用该方法测定 10 种国家一级土壤标准物质及湖北省内的 5 个实际土壤样品, 结果令人满意, 可为后期研究者制定砷的土壤环境质量标准和国家标准监测分析方法提供可行性依据。

2 材料与方法

2.1 试剂、仪器与材料

硝酸(优级纯)、盐酸(优级纯)、氢溴酸(分析纯)、高氯酸(优级纯)、氢氟酸(优级纯)、硼氢化钾(分析纯)、氢氧化钠(分析纯)(国药集团化学试剂有限公司); 三氧化二铁(优级纯, 美国 STREM 试剂公司); 砷标准样品(100 $\mu\text{g/mL}$, GNM-STE-002-2013, 国家有色金属及电子材料分析测试中心); 实验用水均为超纯水机生产的超纯水($>18\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$)。

AFS3100 原子荧光光谱仪(北京科创海光分析仪器有限公司); BSA224S-CW 万分之一电子天平(上海佑科仪器仪表有限公司); JRY-D350-A 电热板(湖南金蓉园仪器设备公司)。

10 种国家一级土壤标准物质: GBW07404、GBW07407、GBW07408、GBW07423、GBW07446、GBW07447、GBW07448、GBW07451、GBW07453、GBW07457 均为 100 g, 购于地球物理地球化学勘查研究所。

实际土壤样品为 2018 年湖北省内 5 个土壤背景点表层土壤样品, 其中襄阳市背景点 1 个、十堰市背景点 2 个、咸宁市背景点 1 个、孝感市背景点 1 个, 土壤类型均为黄棕壤。

2.2 实验方法

2.2.1 溶液配制

10 mg/mL 铁盐溶液: 称取高纯三氧化二铁粉 1 g 溶于 200 mL 烧杯中, 加入 20 mL 盐酸, 加热溶解后, 加入 10 mL 高氯酸, 继续加热至冒白烟, 取下冷却后, 用水稀释至 100 mL, 搅匀。

硼氢化钾溶液 1%(临用现配): 称取 10 g 硼氢化钾, 溶于 1000 mL 0.5%氢氧化钠蒸馏水中, 搅匀。

砷标准工作液: 使用 100 $\mu\text{g/mL}$ 砷标准样品逐级稀释至 0.02 $\mu\text{g/mL}$ 。

2.2.2 样品的采集与保存

依据 HJ 166-2004 土壤环境监测技术规范^[16], 选取湖北省内的 5 个国家土壤背景点监测点位, 按照技术规范要求采集表层 20 cm 深度的土壤样品, 经自然风干, 去除碎石、砂砾、植物残体, 充分研磨、过筛(100 目)装入具塞磨口玻璃瓶或具塞无色乙烯塑料袋保存。

2.2.3 样品处理

准确称取 0.2500 g 处理后的土壤样品于聚四氟乙烯坩埚中, 以少量蒸馏水润湿, 加入 8 mL 硝酸, 3 mL 高氯酸。加盖置于电热板上低温(130 $^{\circ}\text{C}$)加热, 使有机物消解后, 温度稍降低一点, 加入 3 mL 氢溴酸, 6 mL 氢氟酸, 加盖, 继续低温(130 $^{\circ}\text{C}$)加热半小时使样品溶解。然后升高温度(160~170 $^{\circ}\text{C}$), 蒸发至冒白烟。取下稍冷, 加入 2 mL 10 mg/mL 铁盐溶液, 用蒸馏水冲洗坩埚壁, 再蒸至冒浓白烟; 待残留液约 1 mL 左右(切勿蒸干, 否则会造成砷损失), 趁热加入 12 mL 浓盐酸, 不断搅匀, 放置片刻。冷却后, 移入 25 mL 比色管中, 用蒸馏水稀至刻度, 摇匀、澄清后准备上机测定。

在样品前处理的同时, 按照 HJ613-2011 土壤干物质和水分的测定重量法^[17]测定待测土壤样品中的干物质含量, 并采用空白、平行样、加标样和土壤有证物质对分析过程进行质量控制。

2.2.4 工作曲线的配制

于一系列聚四氟乙烯坩埚中, 分别加入砷标准工作液 0.00、0.25、0.50、1.00、2.00、3.00、4.00、5.00 mL, 各加入 2 mL 10 mg/mL 铁盐溶液, 3~4 mL 高氯酸, 于电热板上蒸至冒浓白烟, 趁热加入 12 mL 浓盐酸, 不断搅匀, 放

置片刻。冷却后，移入 25 mL 比色管中，用水稀释至刻度，摇匀，上机测定，绘制成工作曲线。

3 结果与分析

3.1 消解体系的选择

分别考察了硝酸+盐酸，硝酸+高氯酸，盐酸+硝酸+高氯酸，硝酸+高氯酸+氢氟酸 4 个体系对土壤样品的消解情况，发现前 3 者存在用酸量大、消解时间长、消解不彻底现象。选择硝酸+高氯酸+氢氟酸消解可较快的消解完全，因此选择此消解体系。

3.2 消解温度的选择

消解温度的选择是前处理的关键。温度太低会造成消解时间过长且消解不完全；消解温度过高，会造成碲的损失。通过实验得出，用硝酸和高氯酸在 130 ℃ 消解，然后加入氢氟酸在 160~170 ℃ 消解，可使样品消解完全，减少碲损失。

3.3 仪器工作条件

灯电流增大时，元素相应的荧光强度也增大，但过大会损害空心阴极灯的使用寿命。氩气使用的纯度高可延长仪器的使用寿命，氩气流量太大则会影响火焰中原子的浓度，经多次优化实验，确定最佳仪器工作条件，见表 1。

表 1 原子荧光工作参数
Table 1 Atomic fluorescence operating parameters

仪器工作参数	设定条件	仪器工作参数	设定条件
总灯电流	80 mA	辅灯电流	40 mA
负高压	300 V	载气	400 mL/min
屏蔽气	1000 mL/min	原子化器高度	10 mm
读数时间	14 s	延迟时间	1 s

3.4 介质盐酸浓度的选择

从碲与硼氢化钾反应生成碲化氢的机制： $\text{BH}_4^- + 3\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{B}(\text{OH})_3 + 8[\text{H}]$ (1)； $\text{TeO}_3^{2-} + 6[\text{H}] + 2\text{H}^+ \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{Te}$ (2)可知，仅有低价态碲才能与硼氢化钾反应生成碲化氢，因此，在无机碲总量测定时，需将高价态完全还原为低价态后，无机总碲才能与硼氢化钾反应生成碲化氢^[18]。在分析测定时，采用浓盐酸作为预还原剂，可实现高价碲到低价碲的转化，并减少其他元素的干扰。在最佳实验其他条件不变的情况下，测定 3.2 μg/mL 碲的标准溶液，仅考虑介质盐酸浓度对测定结果的影响。结果表明：随盐酸浓度的升高，碲的荧光信号值也随之上升，当浓度超过 6 mol/L，荧光强度基本不变。因此选择 6 mol/L 的盐酸最为合适，见图 1。

3.5 硼氢化钾浓度的选择

碲化氢的形成速率与硼氢化钾的浓度相关。在最佳实验其他条件不变的情况下，测定 3.2 μg/mL 碲的标准溶液，仅考虑硼氢化钾浓度对测定结果的影响。结果表明：硼氢化钾的质量分数在 1.0%~2.5% 的浓度范围内，碲的荧光强度基本不变，考虑到 KBH_4 的质量分数越大，反应越剧烈，荧光信号的稳定性越差，干扰样品的测定结果，并会对仪器造成一定的损害。因此，选取质量分数为 1.0% 的 KBH_4 最合适，见图 2。

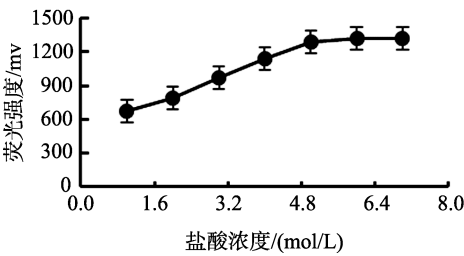


图1 介质酸度对Te荧光强度影响(n=3)

Fig.1 Effect of acidity of medium on the fluorescence intensity of Te (n=3)

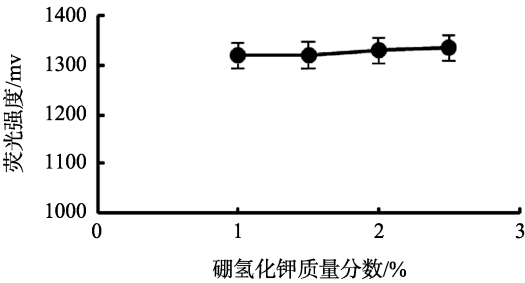


图2 硼氢化钾浓度对Te荧光强度影响(n=3)

Fig.2 Effect of potassium borohydride concentration on the fluorescence intensity of Te (n=3)

3.6 干扰及其消除

对于碲的干扰，在消解样品时加入 HBr 蒸发除去砷、锑、硒、锡、汞的干扰^[19]，砷、锑、硒、锡等金属离子易与 HBr 形成金属溴化物，在加热过程中蒸发除去。化学干扰采用提高酸度和加入铁盐来抑制和减弱，在浓度较低的盐酸介质中，一些干扰金属离子会先与硼氢化钾反应，生成金属沉淀，然后吸附在碲化氢的表面，进一步阻碍了氢化物向四周扩散的速率，从而产生干扰。提高盐酸浓度，这些干扰离子会和盐酸形成氯络合物，从而避免干扰。另有相关文献^[13]研究报道，加入一定量的铁盐，在有价铁离子的溶液里，会延迟干扰离子与硼氢化钾反应的速率，使碲化氢在这些干扰离子沉淀前逸出，有效抑制铜、镍、砷、锑、铋等的化学干扰。多次实验表明，经上述处理后可直接进行测定。

表 2 碲的标准曲线和方法检出限
Table 2 Standard curve and limit of detection of Te

目标化合物	线性范围/(μg/L)	回归方程	相关系数	方法检出限/(μg/kg)			
				本研究	黄春晖等 ^{[13]*}	黄桂荣等 ^[14]	王菊香等 ^{[15]*}
碲	0.0~4.0	$Y=3.32\times10^2X-1.23\times10^{-1}$	0.9998	1.8	1.01	9	100

注: 黄春晖等^{[13]*}文献中的检出限是 0.0081 μg/L, 按称样量 0.2 g, 定容体积 25 mL, 换算成质量浓度检出限为 1.01 μg/kg。王菊香等^{[15]*}文献中的称样量为 0.5 g 时的检出限。

表 3 碲的精密度实验
Table 3 Precision experiment of Te

目标化合物	分析测定值/(mg/kg)	平均值 (mg/kg)	精密度/%			
			本研究	黄春晖等 ^[13]	黄桂荣等 ^[14]	王菊香等 ^[15]
碲	0.06, 0.058, 0.056, 0.057, 0.061, 0.057, 0.056	0.058	3.4	3.53	5.75	4.36

3.7 方法标准曲线与检出限

以碲的荧光响应值为 Y 轴, 浓度为 X 轴绘制标准曲线, 得到线性回归方程, 相关系数 0.9998, 见表 2, 在最佳仪器条件下, 将空白溶液按照样品前处理步骤进行处理后, 平行测定 11 次空白样品, 按照 HJ168-2010 的规定计算标准偏差, 置信度为 99%时,自由度为 10, $t=2.764$, 方法检出限(limit of detection, LOD) $=t(n-1,0.99)\times S$, 计算得到方法检出限为 1.8 μg/kg。与已有文献报道相比, 本方法检出限在相当水平, 能够满足土壤中痕量碲的测定要求。

3.8 精密度

对 GBW07453 进行精密度实验, 平行测定 7 次, 碲的平均值是 0.058 mg/kg, 精密度为 3.4%。见表 3, 与已有文献报道相比, 本方法精密度在相当水平, 满足土壤中痕量碲的分析要求。

3.9 准确度

采用对国家一级土壤标准物质测定和对实际样品加标回收率实验验证方法的准确性, 10 种土壤标准物质测定结果满意, 选取 1 个实际土壤样品单一水平加标重复 6 次, 测得回收率范围为 92.5%~105%, 与已有文献^[12]报道的回

收率水平相当, 该方法准确度高, 适合于实际土壤样品的分析测定, 具体见表 4 和表 5。

表 4 标准样品分析结果
Table 4 Analysis results of standard samples

土壤标准样品编号	Te/(mg/kg)	
	推荐值	测定值
GBW07404	0.16±0.06	0.11
GBW07407	(0.047)#	0.045
GBW07408	0.045±0.010	0.047
GBW07423	(0.035)	0.032
GBW07446	(0.03)	0.03
GBW07447	(0.03)	0.03
GBW07448	(0.04)	0.04
GBW07451	(0.04)	0.038
GBW07453	(0.06)	0.058
GBW07457	(0.1)	0.097

注: #括号内的数值为参考值。

表 5 碲的加标回收率结果(n=6)
Table 5 Standard recovery of Te (n=6)

样品加标 平行次数	称样量/g	本底值/(mg/kg)	加标量/ng	测定值/(mg/kg)	回收率/%	相对标准偏差/%
1	0.2500	0.05	10	0.088	95	5.0
2				0.089	97.5	
3				0.091	102.5	
4				0.087	92.5	
5				0.092	105	
6				0.091	102.5	

3.10 实际样品分析

采用上述方法,对湖北省内的5个土壤样品进行了分析,测得碲的含量范围为0.02~0.08 mg/kg,与《中华人民共和国土壤环境背景值图集》^[20]中湖北地区碲含量值范围相吻合。

4 结 论

本研究通过三酸消解,采用氢化物发生-原子荧光法测定土壤中的碲,降低了分析成本,克服了过去分析方法中的分离富集的繁琐步骤,提高了分析速度,在最佳条件下,方法检出限1.8 µg/kg,精密密度为3.4%,测定湖北省内的5个土壤样品的含量范围为0.02~0.08 mg/kg,回收率范围为92.5%~105%,该方法具有一定的应用价值,可适用于实际土壤样品中的痕量碲的分析检测。

参考文献

- [1] 岩石矿物分析编委会. 岩石矿物分析第三分册,第四版[M]. 北京:地质出版社,2011.
Rock Mineral Analysis Editorial Board. Rock mineral analysis volume III, fourth edition [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.
- [2] 范华锋. 湿法消化-原子荧光光谱法测定食品中碲[J]. 中国卫生检验杂志, 2012, 22(12): 2831-2832.
Fan HF. Determination of telluride in food by wet digestion-atomic fluorescence spectrometry [J]. Chin J Health Lab Technol, 2012, 22(12): 2831-2832.
- [3] 戴亚明. 碲、碲氢化物发生的反应机理和反应条件[J]. 理化检验-化学分册, 2007, 43(11): 901-905.
Dai YM. Reaction mechanism and reaction conditions of selenium and telluride hydride generation [J]. Phys Test Chem Anal B, 2007, 43(11): 901-905.
- [4] 张殿凯, 蔡慕文, 刘英, 等. 氢化物发生-原子荧光光谱法测定高纯镧中硒、碲的不确定度评定[J]. 分析实验室, 2010, 29(8): 28-32.
Zhang DK, Cai MW, Liu Y, *et al.* Uncertainty evaluation of selenium and tellurium in high purity lanthanum by hydride generation-atomic fluorescence spectrometry [J]. Chin J Anal Res, 2010, 29(8): 28-32.
- [5] Zhou JH, Wang JY, Zhong LX, *et al.* Determination of Selenium in biological samples by hydride generation-atomic fluorescence spectrometry [J]. Roke Miner Anal, 2014, (4): 214.
- [6] Nahid MN, Hamed T, Reza A, *et al.* Speciation and determination of ultra trace amounts of inorganic tellurium in environmental water samples by dispersive liquid-liquid microextraction and electrothermal atomic absorption spectrometry [J]. Anal Chim Acta, 2010, (670): 18-23.
- [7] Rodenas T, Morales R. Migeuiclm multicommutation hydride generation atomic fluorescence determination of inorganic tellurium species in milk [J]. Food Chem, 2005, (91): 181-189.
- [8] Deng TL, Chen YW, Belzile N. Antimony speciation at ultra levels using hydride generation atomic fluorescence spectrometry and 8-hydroxyquinoline as an efficient masking agent [J]. Anal Chim Acta, 2001, (432): 293-302.
- [9] 李艳香, 梁婷, 汤行. 乙醇基体改进 ICP-MS 法直接测定植物中的痕量 As、Se、Sb 和 Te[J]. 分析实验室, 2010, 29(5): 29-32.
Li YX, Liang T, Tang X. Determination of trace amounts of As, Se, Sb and Te in plants by ethanol-modified ICP-MS [J]. Anal Lab, 2010, 29(5): 29-32.
- [10] 冯先进, 屈太原. 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)最新应用进展[J]. 中国无机分析化学, 2011, 1(1): 46-52.
Feng XJ, Qu TY. The latest application progress of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) [J]. Chin J Inorg Anal Chem, 2011, 1(1): 46-52.
- [11] 胡新. 浅析地质样品中碲的测定方法[J]. 山东工业技术, 2014, (1): 56.
Hu X. Analysis of the determination method of tellurium in geological samples [J]. Shandong Ind Technol, 2014, (1): 56.
- [12] 单孝全, 孙汉文, 倪哲明. 石墨炉原子吸收测定土壤、粮食和蔬菜中痕量碲[J]. 环境科学学报, 1981, 1(74): 7-10.
Shan XQ, Sun HW, Ni ZM. Determination of trace tellurium in soil, grain and vegetables by graphite furnace atomic absorption spectrometry [J]. J Environ Sci, 1981, 1(74): 7-10.
- [13] 黄春晖. 原子荧光光谱法测定土壤、水系沉积物中的碲[J]. 光谱实验室, 2011, 28(3): 1081-1084.
Huang CH. Determination of tellurium in soil and water sediments by atomic fluorescence spectrometry [J]. Chin J Spectrosc Lab, 2011, 28(3): 1081-1084.
- [14] 黄桂荣, 刁小冬, 戴燕云. 原子荧光法测定土壤中的痕量碲[J]. 干旱环境监测, 2016, 30(4): 151-154.
Huang GR, Diao XD, Dai YY. Determination of trace tellurium in soil by atomic fluorescence spectrometry [J]. Drought Environ Monit, 2016, 30(4): 151-154.
- [15] 王菊香, 王亚红, 郭爱武. 断续法氢化物发生-原子荧光光谱法测定地质样品中的微量碲[J]. 光谱实验室, 2008, 25(3): 362-364.
Wang JX, Wang YH, Guo AW. Determination of trace tellurium in geological samples by intermittent hydride generation-atomic fluorescence spectrometry [J]. Chin J Spectrosc Lab, 2008, 25(3): 362-364.
- [16] HJ 166-2004 土壤环境监测技术规范[S].
HJ 166-2004 Soil environmental monitoring technical specification [S].
- [17] HJ 613-2011 土壤干物质和水分的测定重量法[S].
HJ 613-2011 Determination of soil dry matter and moisture by gravimetric method [S].
- [18] 张楠, 曾江萍, 王家松, 等. 原子荧光光谱测定天然水中无机碲和有机总碲[J]. 广州化工, 2018, 46(17): 77-79.
Zhang N, Zeng JP, Wang JS, *et al.* Determination of inorganic tellurium and organic total tellurium in natural water by atomic fluorescence

spectrometry [J]. Guangzhou Chem Ind, 2018, 46(17): 77-79.

- [19] 侯明. 氢化物-无色散原子荧光法测定化探样品中痕微量碲[J]. 冶金分析, 1990, 10(4): 20-22.

Hou M. Determination of trace tellurium in geochemical samples by hydride-dispersive atomic fluorescence spectrometry [J]. Metall Anal, 1990, 10(4): 20-22.

- [20] 中华人民共和国土壤环境背景值图集. 中国环境监测总站主编[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.

Atlas of soil environment background values of the People's Republic. Editor-in-chief of China environmental monitoring station [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1994.

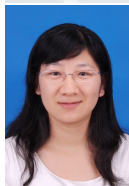
(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



李永蓉, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境监测分析。

E-mail: 504025749@qq.com



贺小敏, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为环境监测分析。

E-mail: 39208454@qq.com

食品接触材料研究专题征稿函

食品与药品接触材料是指用于制造食品包装容器和构成食品包装的材料总称, 包括纸、塑料、金属、玻璃、陶瓷等原材料以及粘合剂, 涂覆材料等各种辅助材料。食品与药品包装是食品的重要组成部分, 具有保护食品与药品不受外来生物、化学和物理因素的影响, 维持食品与药品质量稳定的特点。为了满足各种食品与药品的包装要求, 接触材料必须具备适当的阻隔性、足够的机械强度、化学稳定性、耐高温及光学性能等多种性能。此外, 当接触材料直接与食品、药品接触时, 有些物质会迁移渗透到食品、药品中, 可能导致食品、药品的安全隐患。因此, 食品与药品接触材料的安全问题也显得尤为重要。

鉴于此, 本刊特别策划了“**食品接触材料研究**”专题, 由**华南农业大学 向红 教授**担任专题主编, 主要围绕**食品接触材料的制备、性能(机械性能、阻隔性、化学稳定性、抗菌性及其他性能)、接触材料中有害物质的检测及其向食品中的迁移行为、绿色及智能接触材料的研究与开发**等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 学报主编**吴永宁技术总师**和专题主编**向红 教授**特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。

本专题计划在**2019年10月**正刊出版, 请在**2019年8月20日**前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。希望您能够通过各种途径宣传此专题, 并积极为本专题推荐稿件和约稿对象。感谢您的参与和支持!

投稿方式: 备注“**2019 专题: 食品接触材料研究**”

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部