

# 使用安捷伦快速序列火焰原子吸收光谱仪对土壤中的铬、铜、镍和锌元素进行测定



## 作者

冯文坤、倪英萍、吴春华、刘毅  
安捷伦科技（中国）有限公司

## 摘要

本文介绍了采用安捷伦快速序列火焰原子吸收光谱仪同时测定土壤中铬 (Cr)、铜 (Cu)、镍 (Ni) 和锌 (Zn) 元素的方法，对多种土壤成分分析标准物质 GSS-4、GSS-8、GSS-9、GSS-11、GSS-13、GSS-21、GSS-23、GSS-24 中 Cr、Cu、Ni 和 Zn 元素进行验证测试，测定值在标准物质标准值范围内。该方法操作简便，方法检测限完全满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》的分析要求，适用于土壤中多元素的快速测定。

## 前言

随着工业化进程的不断加快，资源的不合理开采、废水污水的违规排放、长期对土壤进行污水灌溉和污泥施用、农药化肥的不合理使用等行为，导致土壤中有害物质过多，造成较为严重的土壤污染。土壤污染影响植物的正常生长，会造成有害物质在植物体内积累，通过食物链直接危害人体健康或者通过污染水体间接被人体吸收。土壤中的铬主要来自铬矿和金属冶炼、电镀、制革等工业废水以及铬渣；土壤中铜的主要污染源有铜锌矿的开采和冶炼、金属加工、机械制造、钢铁生产等；农业土壤容易受到镍的污染，其主要来源于电镀、制革、纺织、造纸、印染等工业废水灌溉农田，或用制革废渣作为肥料；土壤中锌的主要污染源有锌矿开采、冶炼加工、机械制造以及镀锌、仪器仪表、有机合成和造纸业等工业的排放。土壤是经济社会可持续发展的物质基础，关系人民群众身体健康，保护好土壤环境是推进生态文明建设和维护国家生态安全的重要内容。《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》的制定是为保护农用地土壤环境，管控农用地土壤污染风险，保障农产品质量安全、农作物正常生长和土壤生态环境，其中规定了农用地土壤中铬、铜、镍、锌金属元素污染的风险筛选值，以及监测、实施和监督要求。

作为元素分析的常用仪器，火焰原子吸收光谱仪 (FAAS) 被广泛应用于土壤中铬、铜、镍、锌的测定。但是传统 FAAS 每次分析只能测定一种元素，因此在遇到大批量样品且需要测定多种元素时，分析效率较低。安捷伦快速序列火焰原子吸收光谱仪可实现一次进样多元素同时分析，无需重复进样就能测定所有待测元素，在降低分析成本的同时还可获得序列式电感耦合等离子体光谱仪 (ICP-OES) 的分析速度和效率。

## 实验部分

### 试剂和样品

混合标准溶液：100 mg/L Cr、Cu、Ni、Pb、Zn 等多种元素的环境标准溶液（安捷伦部件号 5183-4687）。

超纯水：电阻率 18.2 MΩ，由 Milli-Q 超纯水系统制得。

硝酸 (HNO<sub>3</sub>)：优级纯，购自 Sigma 公司。

盐酸 (HCl)：BV-III 级，购自北京化学试剂研究所。

氢氟酸 (HF)：MOS 级，购自北京化学试剂研究所。

土壤样品：土壤成分分析标准物质 GSS-4、GSS-8、GSS-9、GSS-11、GSS-13、GSS-21、GSS-23、GSS-24。

### 仪器和设备

安捷伦快速序列原子吸收光谱仪；Milestone 微波消解仪；Millipore Milli-Q 超纯水系统。

### 标样配制

10 mg/L 标准储备液的配制：准确移取 100 mg/L 混合标准溶液 5 mL 于 50 mL 容量瓶中，用 2% HNO<sub>3</sub> 定容至标线，摇匀。

标准溶液的配制：采用 2% HNO<sub>3</sub> 逐级稀释 10 mg/L 标准储备液，配制成标准系列，Cr、Cu、Ni 和 Zn 混合标准溶液的浓度均为 0、0.1、0.2、0.5、1.0 和 2.0 mg/L。

### 样品前处理

准确称取 0.2000 g 已干燥且过 100 目筛的土壤样品于聚四氟乙烯消解罐中，用少量水润湿后加入 4 mL HNO<sub>3</sub>、1 mL HCl 和 1.5 mL HF。若有剧烈化学反应，待反应结束后再加盖拧紧。将组装好的消解装置放入微波消解仪中，进行程序升温消解。消解结束后冷却，取出消解罐，将消解罐放置在赶酸仪上进行加热，赶酸至近干。取出，冷却至室温，用 2% HNO<sub>3</sub> 定容至 25 mL。同时同法制备样品空白。

### 仪器条件

表 1. 安捷伦快速序列原子吸收光谱仪参数

	Cr	Cu	Ni	Zn
元素灯	Cr、Cu、Ni 多元素灯（安捷伦部件号：5610107600） Zn 元素灯（安捷伦部件号：5610106800）			
灯电流 (mA)	10	10	10	5
波长 (nm)	357.9	324.8	232.0	213.9
狭缝宽度 (nm)	0.2	0.5	0.2	1.0
火焰类型	空气-乙炔			
乙炔流量 L/min	2.9	2.0	2.0	2.0
空气流量 L/min	13.5	13.5	13.5	13.5

分析土壤中的 Cr 元素，需要用富燃火焰，燃烧器高度需要微调保证灵敏度。

## 结果与讨论

### 标准曲线

在 0.00–2.0 mg/L 浓度范围内，Cr、Cu、Ni 和 Zn 元素的浓度与吸光度的线性关系良好。

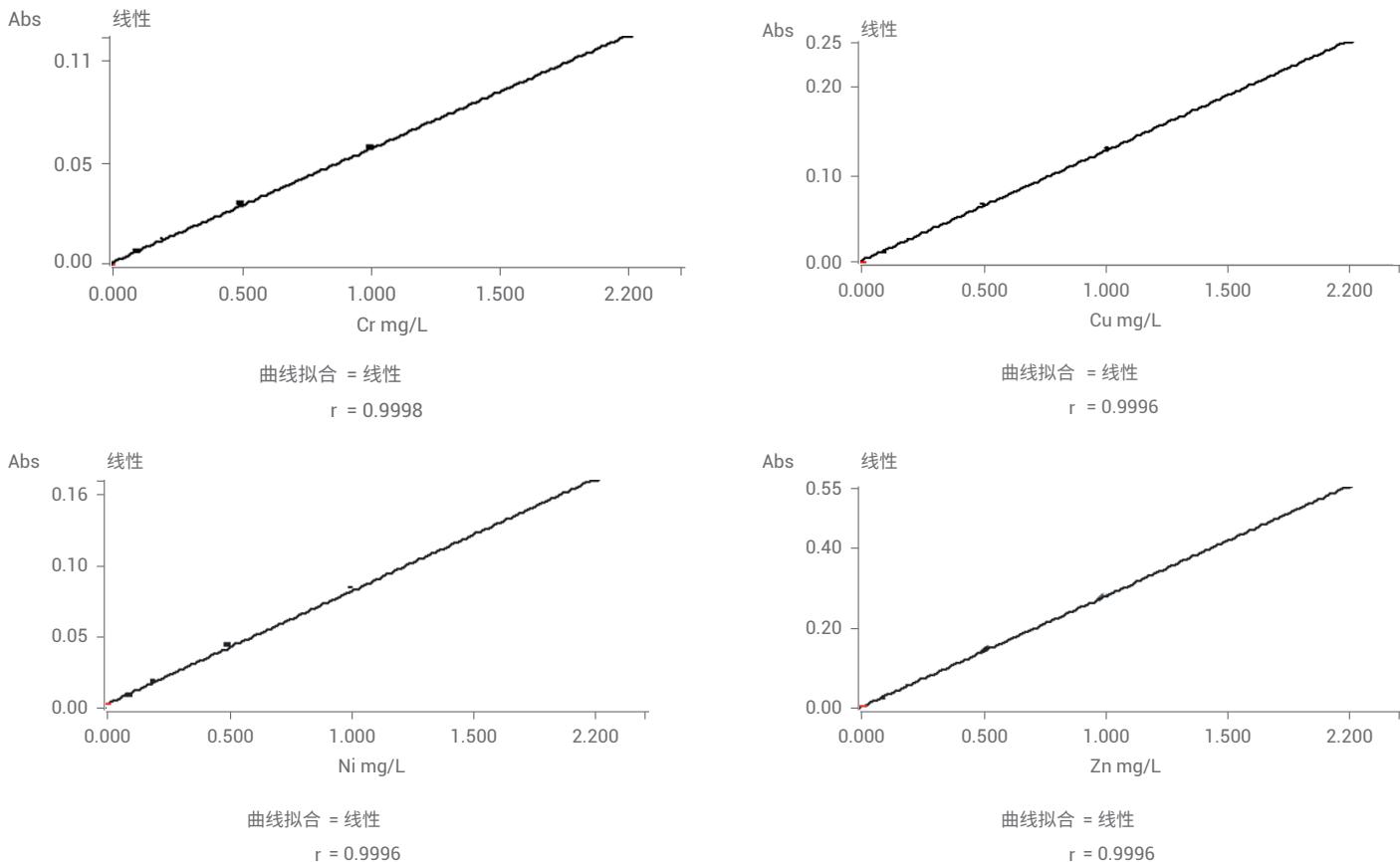


图 1. Cr、Cu、Ni 和 Zn 的标准曲线

### 方法检测限

根据原子光谱方法检测限的定义，对样品空白溶液重复测定 11 次，根据 3 倍吸光度的标准偏差除以标准曲线斜率，再乘以样品稀释倍数，计算出 Cr、Cu、Ni 和 Zn 元素在固体样品的方法检测限（表 2），完全满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》的分析要求。

表 2. Cr、Cu、Ni 和 Zn 元素方法检测限（单位：mg/L）

	Cr	Cu	Ni	Zn
方法检测限	1.27	0.54	1.05	0.16

## 土壤成分分析标准物质的测试结果

测定国家土壤成分分析标准物质 GSS-4、GSS-8、GSS-9、GSS-11、GSS-13、GSS-21、GSS-23 和 GSS-24 中的 Cr、Cu、Ni 和 Zn，测定结果见表 3。

表 3. 土壤成分分析标准物质 Cr、Cu、Ni 和 Zn 元素分析结果（单位：mg/kg）

		Cr	Cu	Ni	Zn
GSS-4	测量值	371.48	40.97	60.77	199.08
	标准值	370±16	40±3	64±5	210±13
GSS-8	测量值	64.51	24.67	29.97	67.77
	标准值	68±6	24.3±1.2	31.5±1.8	68±4
GSS-9	测量值	72.92	25.20	32.74	59.78
	标准值	75±5	25±3	33±3	61±5
GSS-11	测量值	57.02	21.41	24.89	63.81
	标准值	59±3	21.4±1.2	25.4±1.3	65±5
GSS-13	测量值	63.26	22.29	28.65	64.56
	标准值	65±2	21.6±0.8	28.5±1.2	65±3
GSS-21	测量值	50.68	24.52	27.30	67.78
	标准值	55±5	24±1	28±1	66±3
GSS-23	测量值	82.34	31.61	37.73	94.61
	标准值	82±4	32±1	38±1	97±3
GSS-24	测量值	62.36	27.20	24.86	80.28
	标准值	62±2	28±1	24±1	81±2

## 结论

本方法使用安捷伦快速序列火焰原子吸收光谱仪测定国家土壤成分分析标准物质中的 Cr、Cu、Ni 和 Zn 元素，测量值与标准值吻合。快速序列原子吸收光谱仪可以实现多元素快速顺序扫描，一次进样能完成多种元素的测定，除节省分析时间和成倍提高样品通量以外，还可降低运行成本。快速序列还可以实现在线内标校正物理差异、样品前处理误差或漂移，提高精度和准确度。所开发的方法操作简便，结果准确可靠，完全满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》的分析要求，适用于土壤中多元素的快速测定。

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)



微信搜一搜

Q 安捷伦视界 |

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成  
的间接损失不承担任何责任。

本文中的信息、说明和技术指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司, 2020  
2020年4月26日, 中国出版  
5994-1996ZHCN

