

X 射线荧光法鉴别法庭科学土壤类样品的元素成分

XRF-016

摘要：土壤所具有的复杂而明显的地域性特征，使其成为法医学追踪证据的主要形式之一。在鉴别分析中，需要对各无机成分进行全面分析。X 射线荧光光谱法无需前处理，可直接进行全元素分析，操作灵活方便，被全国刑事技术标准化技术委员会列为标准方法《GA/T 1655-2019 法庭科学 泥土元素成分检验 X 射线荧光光谱法》。本文参考以上标准，使用岛津波长色散型 X 射线荧光光谱仪 XRF-1800 对各种土壤样品进行了分析，该方法结果全面、操作简便且无破坏，非常适用于公安领域对泥土类样品的鉴别分析。

关键词：波长色散型 X 射线荧光光谱 泥土 土壤 元素成分 鉴别

人在活动时，常会将所经区域的泥土，即土壤，沾附在鞋或衣服上。在案件调查中，利用土壤有助于查明某人是否到过某一场所，或某物是否曾放在某一场所。通过检验，可根据土壤所含物质成分比例判断来源，为案件调查提供线索和证据。土壤所具有的复杂而明显的地域性特征，使其成为法医学追踪证据的主要形式之一，在国内外公安司法领域均得到了越来越广泛的应用。

土壤的鉴别常通过颜色、粒径、显微图像以及成分等差异来进行。土壤主要组成为矿物质（无机成分）、有机质以及水分等。其中无机成分包括 Si、Al、Fe、

Ca、Mg、K、Na 等的氧化物或化合物，以及 Mn、Ti、Cu、Zn、Cl、Cr 等微量元素。为了确认来源，在鉴别分析需要对各无机成分进行全面分析，以方便比对和匹配。

本文参考《GA/T 1655-2019 法庭科学 泥土元素成分检验 X 射线荧光光谱法》标准，使用岛津波长色散型 X 射线荧光光谱仪 XRF-1800 对各种土壤类样品进行了分析，该方法可快速得到样品中全元素的分析结果，操作简便，且不破坏样品，非常适用于公安司法领域对泥土类样品的鉴别分析。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津波长色散型 X 射线荧光光谱仪：XRF-1800
全自动压样机，型号 MP-50，使用压力 30 kN



1.2 分析条件

靶材：Rh

电压：40 kV

电流：70 mA

光阑：30 mm

测试氛围：真空

扫描速度：20 deg/min

检测器：FPC/SC

晶体：PET/LiF/Ge/TAP

1.3 样品前处理

使用压片机在 30 kN 压力下将粉末样品压制为片状，置样品盒中进行分析。



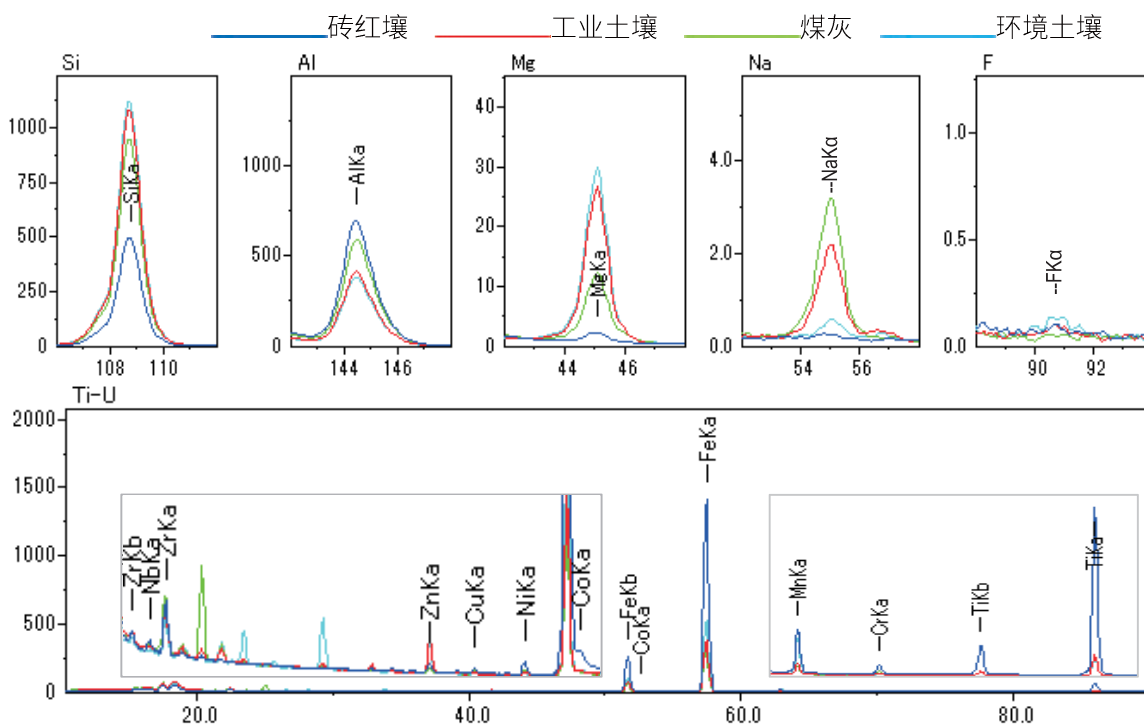
图 1 样品测试状态

■ 结果与讨论

2.1 分析谱图

分别选取两个土壤类标准样品和试样。其中土壤标样为 GBW07407(GSS-7) 和 GSB-07-3272-2015(ESS-5)，分别属砖红壤和环境土壤。试样分别为工业土壤和煤灰，通过 XRF 分析了解各种土壤类样品的成分。

对各样品进行定性扫描，所得谱图如图 2 所示。土壤类样品中所含元素种类十分丰富，检测到 Si、Al、Fe、Ca、Mg、K 和 Na 等主要元素，以及微量的 P、S、Cl、Cr、Cu、Zn 等元素。各样品中所含元素种类十分相近，但同种元素在不同样品中的峰强度有明显差异，反映出元素含量的差别。



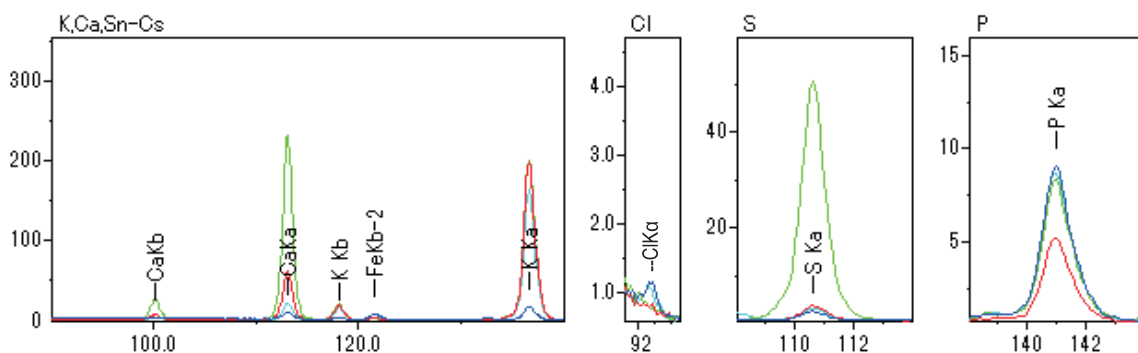


图2 定性分析谱图

2.2 半定量分析

通过 X 射线荧光分析的定性基本参数法得到成分结果如表 1。根据土壤的组成，各元素含量均以氧化物形式给出。由表 1 中数据，根据《GA/T 1655-2019》中的鉴别标准，当样品中元素种类和含量均有差异时，判定为元素成分不相同。其中环境土壤和工业土壤，在 Si、Al、Fe、Mg、K、Ti 等主要元素含量上相似度高，但 Ca、Na、Mn 含量有明显差异，尤其环境土壤中含有 As、Nb、W、Fe 和 Bi 元素，而工业土壤中未检测到这些微量元素，因此可以得到明确的区分。砖红壤和煤灰中 Si、Al、Fe 和 Ca 等主元素即有较大差异，可以快速判定为不同类型。

表 1 定性半定量分析结果 (%)

样品	GBW07407 砖红壤	环境土壤	工业土壤	煤灰
SiO ₂	39.6	67.9	66.8	57.7
Al ₂ O ₃	38.8	18.8	20.4	26.9
Fe ₂ O ₃	16.8	5.60	4.15	3.44
CaO	0.15	0.36	1.10	3.93
MgO	0.20	3.29	2.93	1.22
K ₂ O	0.21	2.19	2.70	2.54
TiO ₂	3.46	0.65	0.73	0.73
Na ₂ O	--	0.12	0.54	0.75
P ₂ O ₅	0.31	0.30	0.17	0.26
SO ₃	0.08	0.11	0.14	2.05
MnO	0.24	0.29	0.08	0.07
Cr ₂ O ₃	0.07	0.02	0.02	0.05
Co ₂ O ₃	0.05	--	--	--
NiO	0.04	0.005	0.006	0.011
CuO	0.01	0.009	0.005	0.009
ZnO	0.02	0.06	0.06	0.01
As ₂ O ₃	--	0.03	--	--
Rb ₂ O	--	0.02	0.01	0.01
SrO	--	0.004	0.01	0.07
ZrO ₂	0.04	0.03	0.03	0.03
NbO	0.007	0.002	--	--
BaO	--	0.05	0.06	0.12

WO ₃	--	0.01	--	--
PbO	--	0.09	--	--
Bi ₂ O ₃	--	0.003	--	--

注：“--”表示在定性分析中未检测到该元素。

■ 结论

本方法按照《GA/T 1655-2019 法庭科学 泥土元素成分检验 X 射线荧光光谱法》，采用岛津 XRF-1800 对四种土壤类样品进行元素成分鉴别分析。该方法将样品粉末压制为片状后即可进行无损分析，直接得到元素组成与半定量结果，方便快捷，适合法庭科学中对泥土种类的元素成分鉴别，为案件侦破提供科学的数据支撑。

岛津应用云

