

X 射线荧光法在法庭物证纸张鉴定中的应用

XRF-018

摘要：对案件中涉及的纸张进行检验和鉴定，区分纸张的种类、品牌、批次，可为案件侦破提供线索，也可为证实犯罪提供科学依据。应用 X 射线荧光光谱法分析纸张中常量和微量元素，可以对纸张进行精确的比对和鉴别。本文参考《GA-T 1654-2019 法庭科学 纸张元素成分检验 波长色散 X 射线荧光光谱法》标准，使用岛津 XRF-1800 分析了几种纸张，给出了样品中元素种类，通过谱图叠加完成纸张的对比，并使用基本参数法进行了半定量分析，展示了 WDXRF 在纸张物证鉴定中的应用。

关键词：纸张 物证 岛津 XRF-1800

纸张作为文化和信息传递的载体，与人们的生活和生产密切相关。在刑事案件中，犯罪现场可能会留下各种纸张，在经济案件中，支票、契约、合同和证件等文件都是非常重要的物证，因此，对案件中涉及的纸张进行检验和鉴定，区分纸张的种类、品牌、批次，可为案件侦破提供线索，也可为证实犯罪提供科学依据。纸张主要成分为纤维素、填料、颜料等，造纸过程中会添加一些填料、颜料等来改善性能或提供某种功能，由于所用纤维原料、填料、胶料以及工艺条件等因素不同，纸张中所含的元素种类和含量会有差别。

X 射线荧光光谱仪 (XRF) 使用 X 射线激发样品产生 X 荧光，分析荧光的特征 X 射线可以了解样品的

元素组成，并可进一步通过强度与含量的关联计算样品中的元素含量。XRF 不需要复杂的化学前处理，含量测试范围宽泛，从 ppm 到 100%，在元素分析领域获得了广泛的应用。波长色散型 X 射线荧光光谱仪 (WDXRF) 使用分光晶体将荧光 X 射线按照波长分开，具有无损检测、分辨率高、检出限低、轻元素分析效果好，特别适合于纸张物证的元素分析。

本文参考《GA-T 1654-2019 法庭科学 纸张元素成分检验 波长色散 X 射线荧光光谱法》，使用岛津 XRF-1800 分析了几种纸张，给出了样品中元素种类，并使用基本参数法进行了半定量分析，展示了 WDXRF 在纸张物证鉴定中的应用。

■ 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

1.2 分析条件

表 1 测试参数

仪器	: XRF-1800	光阑	: 30 mm
激发源	: 端窗 Rh 靶 (4 kW)	强度模式	: 峰高法
探测器	: SC、FPC	定量时间	: 单元素 40 s
管压管流	: 40 kV / 70 mA	测试环境	: 真空 vac

1.3 样品处理

取表面平整的纸张样品，剪取直径大于 10 mm、小于 40 mm 的圆片 (圆片大小依据样品情况而定)，将剪好的纸张圆片放置在中空的塑料圆筒上，将塑料圆筒和纸张一起放入样品盒固定好，放入仪器中直接测试。

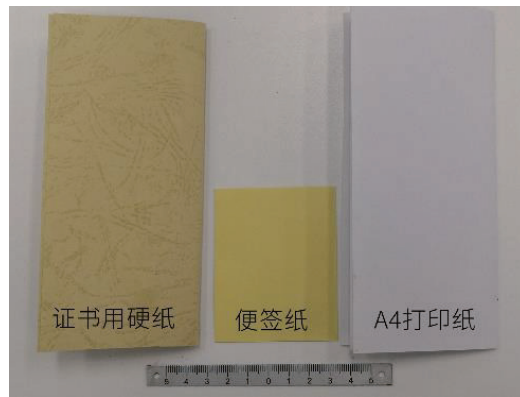


图 1 纸张样品

■ 结果讨论

2.1 定性谱图与半定量结果

选用合适的分析条件对纸张样品进行全元素分析，使用基本参数法可以给出各元素的含量，图 1 中左侧为证书用硬纸，其全元素谱图与元素含量分别见图 2 和图 3。

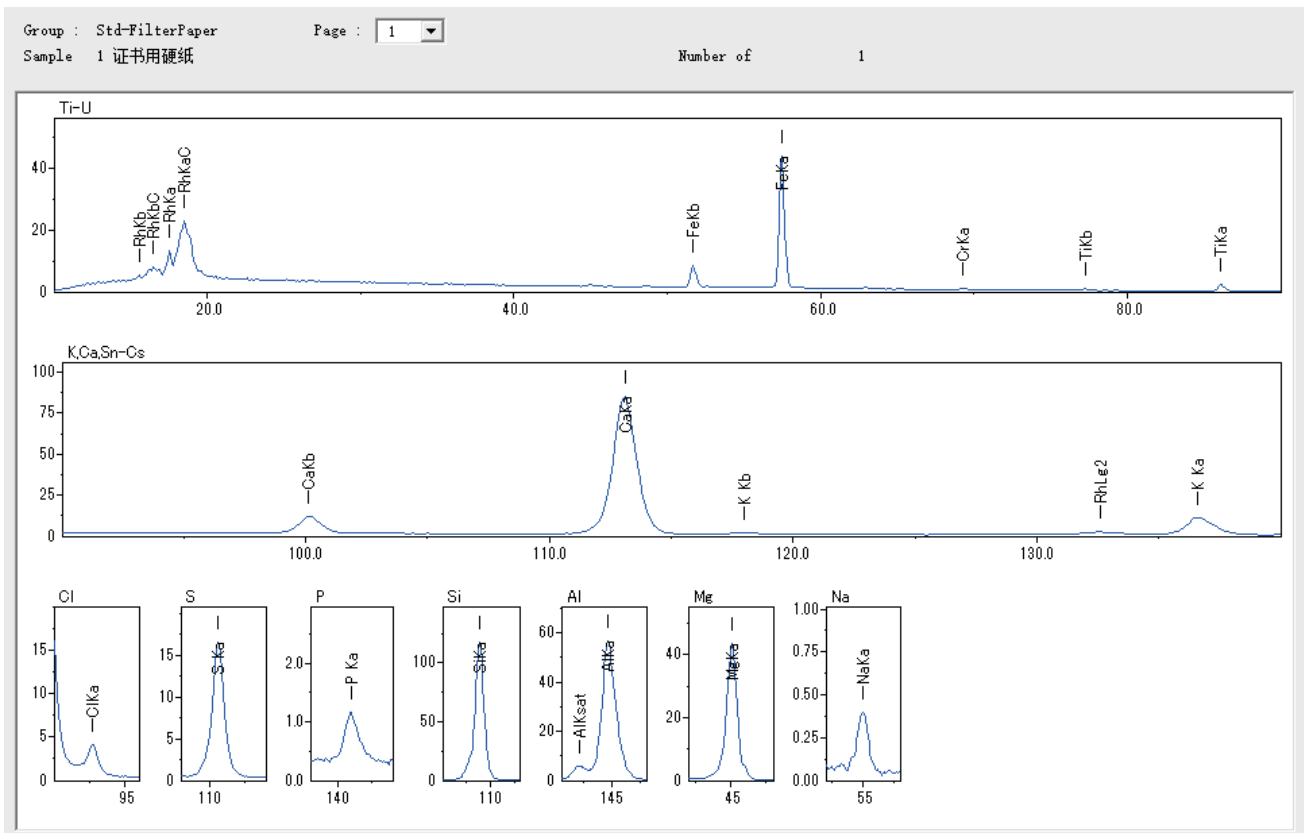


图 4 纸张谱图叠加

Group : Std-FilterPaper		Sample 1 证书用硬纸	
Analyte		Result	
	12.5816 mg/cm2	Total	-----
Fe	1732.8182 mg/l	Quant.-FP	FeKa
Ca	1343.5393 mg/l	Quant.-FP	CaKa
Si	1111.8993 mg/l	Quant.-FP	SiKa
Mg	698.7901 mg/l	Quant.-FP	MgKa
Al	389.5704 mg/l	Quant.-FP	AlKa
Ti	164.1179 mg/l	Quant.-FP	TiKa
K	117.1011 mg/l	Quant.-FP	K Ka
S	103.3206 mg/l	Quant.-FP	S Ka
Cl	63.5317 mg/l	Quant.-FP	ClKa
Cr	26.5246 mg/l	Quant.-FP	CrKa
Na	13.1040 mg/l	Quant.-FP	NaKa
P	3.7309 mg/l	Quant.-FP	P Ka
C6H105	12.5000 mg/cm2	Fix	-----

图3 纸张样品元素定量结果

纸张中的元素成分是由造纸所采用的纸浆、填料、胶料等材料的成分所决定的。造纸过程中往往都会加入填料、颜料和荧光增白剂等。如用作填料的高岭土、碳酸钙、滑石粉、硫酸钡、硅藻土等，用作颜料的二氧化钛、氧化锌、锌钡白，钛钡颜料等，用作漂白剂如硫酸锌、次氯酸盐等，目的是提高纸张的不透明度，改善纸张性能和增白。通过 WDXRF 给出的元素成分与含量，可以推测纸张的可能来源，为案件侦破提供线索，或者作为证据。

2.2 谱图叠加与对比

不同位置的谱峰对应着元素种类的不同，而强度的不同则反映出元素含量的信息，这对鉴定纸张物证是否为同一来源是非常重要的。图 4 给出了两个纸张样品的元素谱图叠加，可直观看出两个纸张样品元素强度的差异。1# 证书用纸样品与 3# 便签纸样品相比，1# 样品中 Fe、Ti、K、Si、Al、Mg 等元素强度高于 3# 样品，而 Ca、Cl、S、P 强度低于 3# 样品。

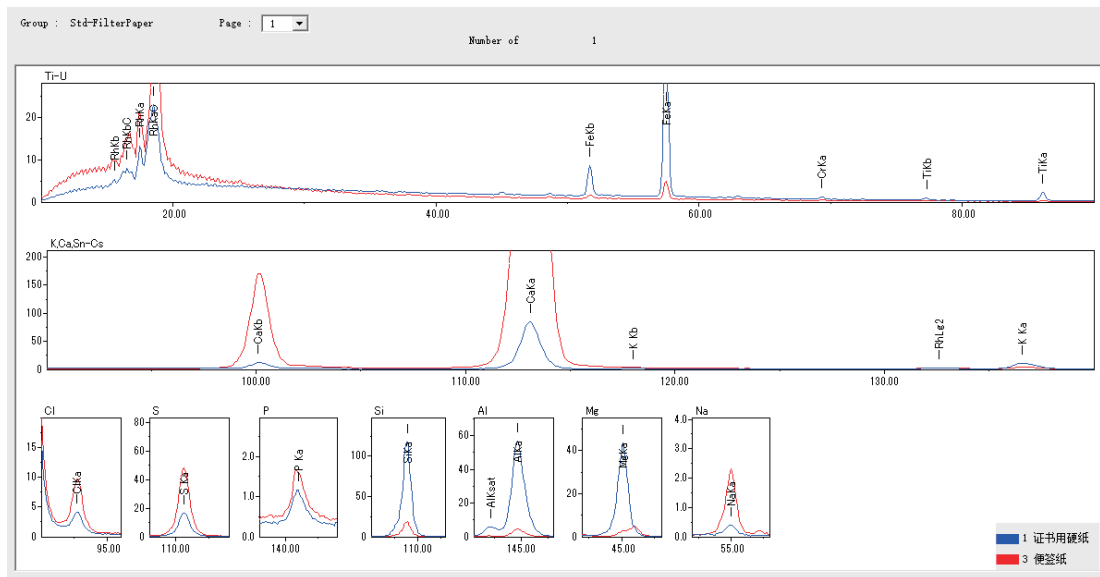


图1 纸张样品

■ 结论

X 射线荧光光谱法是一种无损检测的方法，分析试样不受破坏，分析速度快、灵敏度高、重复性好，应用 X 射线荧光光谱法分析纸张中常量和微量元素，可以对纸张进行精确的比对和鉴别，这在目视与显微镜等光学手段之外提供了新的物证鉴定手段。本文参考《GA/T 1654-2019 法庭科学 纸张元素成分检验 波长色散 X 射线荧光光谱法》，使用岛津 XRF-1800 分析了几种纸张，给出了样品中元素种类，通过谱图叠加完成纸张的对比，并使用基本参数法给出了元素含量，展示了 WDXRF 在纸张物证鉴定中的应用，为案件侦破和证实犯罪提供科学依据。

岛津应用云

