



JOHANNSON-TYPE DCC & FAST FP2.0

ANCOREN



RAY FLUORESCENCE

# 单波长 X 射线荧光光谱仪

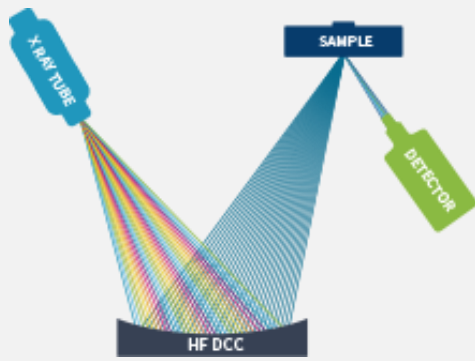
单波长 X 射线荧光光谱仪原理与应用

## 概述

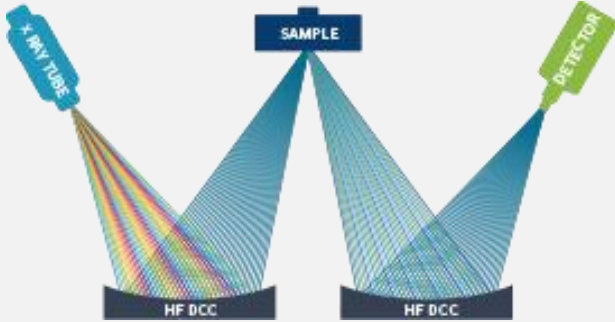
单波长 X 射线荧光光谱仪 (Monochromatic Excitation X-ray Fluorescence Spectrometer: ME XRF), 也可称为单色化激发 X 射线荧光光谱仪, 其通过单色化光学器件将 X 射线管出射谱某单一波长 (对应单一能量) 衍射取出并照射样品, 由于消除 X 射线管出射谱中韧致辐射所产生的背景信号, 从而大幅提升元素信噪比, 是 X 射线荧光光谱领域一项越来越被重视的核心技术。

## 原理

X 射线管产生的初级 X 射线照射样品表面, 样品中元素外层电子被激发产生能级跃迁而释放出元素特征 X 射线荧光, 能量色散型探测器将不同元素的特征 X 射线荧光分辨并探测其强度, 称为能量色散型 X 射线荧光光谱仪。样品中元素特征 X 射线荧光经分光晶体按其波长不同进行分光, 并由探测器探测强度, 称为波长色散型 X 射线荧光光谱仪。可见, ED XRF 与 WD XRF 主要区别在于样品中产生的元素荧光是经能量探测器直接探测还是经晶体对不同波长分光并探测。



单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪原理



单波长激发-波长色散 X 射线荧光光谱仪原理

单波长 X 射线荧光光谱仪是在 X 射线照射样品前进行 X 射线光的单色化处理, 单色化的手段有依靠双曲面弯晶实现点到点 (X 射线管发光点到样品点) 聚焦衍射, 也有采用多层膜光学器件实现单色化衍射, 也可以采用二次靶技术实现靶材被激发产生的靶材特征荧光射线进一步照射样品。其优势是单色化激发极大降低了由于 X 射线管出射谱致辐射照射样品而产生的连续散射线背景强度, 获得较佳的元素特征 X 射线荧光信号峰背比。

严格说来, 单波长 X 射线荧光光谱仪进一步可分为单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪和单波长激发-波长色散 X 射线荧光光谱仪。

## 特点



### 低背景

单色化激发技术有效降低光管出射谱散射线背景干扰, 与硅漂移探测器相配合, 将元素分析范围延伸至 O 和 F。



### 微区分析

双曲面弯晶技术实现 X 射线点到点聚焦衍射, 实现更高性能的微区分析, 理论上聚焦点达到 10um 级别。



### 元素成像

与显微镜组成高精度、高灵敏度 (亚 ppm)、高空间分辨率元素成像系统。



### 仪器小型化

采用小功率 X 射线管, 仪器结构简单, 实现小型化。

## 应用

X 射线荧光光谱仪以样品处理简单、无损、快速等特点，广泛应用于钢铁、水泥、矿产冶炼、环境保护、石油化工、考古、科研等领域。

单波长 X 射线荧光光谱仪随着国际 ISO、美国 ASTM、中国行业等方法标准的制订，将 XRF 元素检测范围延伸至微量甚至痕量，在石油化工、环境保护、食品安全、中药重金属、有色冶炼等行业发挥越来越大的作用。

## 技术参数

1. **元素分析范围:** O-U;
2. **元素检出限:** 轻元素  $F < 0.1\%$ ，金属元素  $Cu < 0.2\text{ppm}$ ，重金属  $Pb、Cd < 0.1\text{ppm}$ ；（与样品基体和分析时间相关）
3. **分析时间:** 60~600 秒；
4. **样品类型:** 固体、粉末、液体；
5. **样品处理要求:** 均匀性、颗粒度

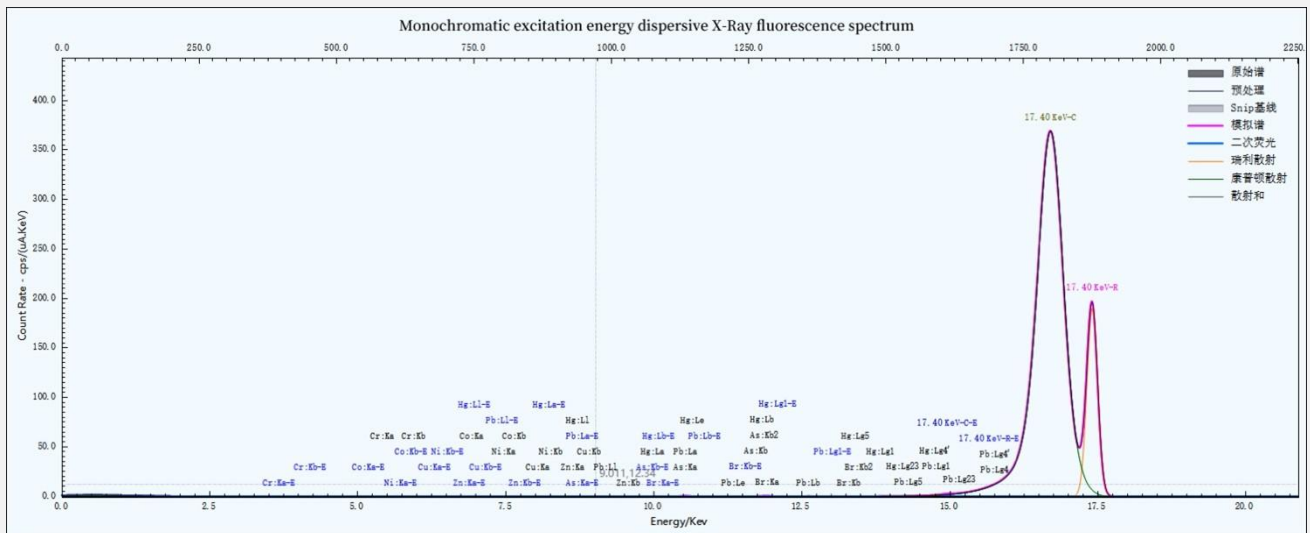
## 发展历史

1895 年德国物理学家伦琴发现并证实了 X 射线，直至 1948 年，弗里德曼和伯克斯研制了第一台商品化的波长色散 X 射线荧光光谱仪 (WD XRF)，而后 1969 年，美国海军实验室研制出真正意义上的能量色散 X 射线荧光光谱仪 (ED XRF)。

常规的能量色散 X 射线荧光光谱仪采用滤光片降低 X 射线管散射线背景，单波长 X 射线荧光光谱仪采用双曲面弯晶、偏振二次靶、多层膜等技术消除 X 射线管散射线背景。代表厂商有北京安科慧生[3-4]和美国 XOS 公司。

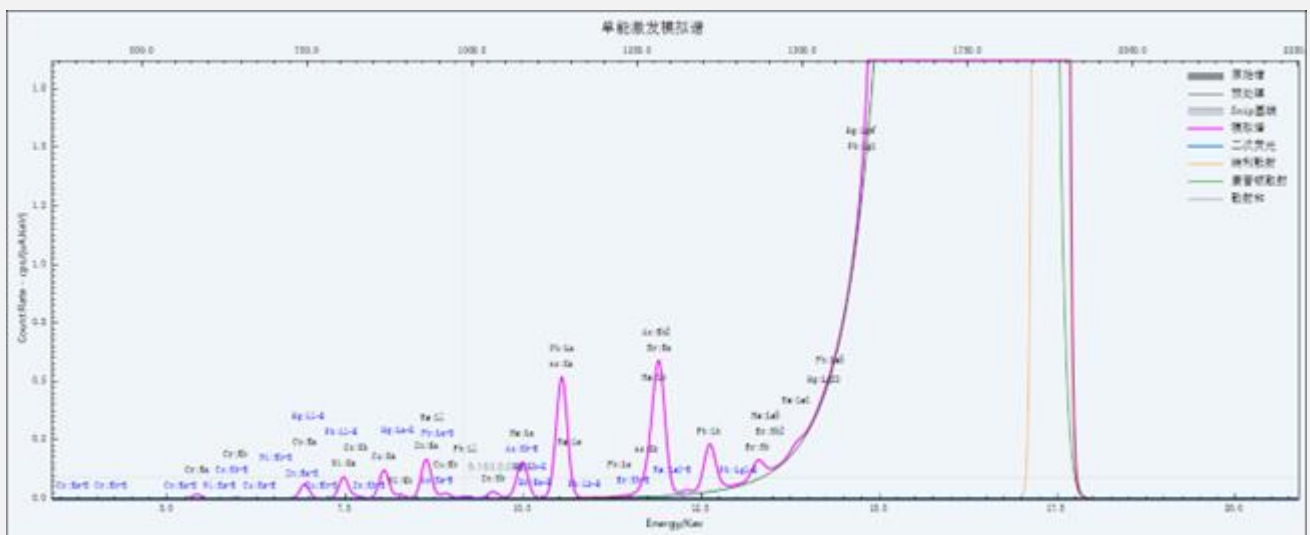
## 采用单波长激发能量色散 X 射线荧光光谱仪分析水质重金属

微焦斑 X 射线管与全聚焦型双曲面弯晶构成样品的激发源，具有高亮度、单色化的特点，高度单色化的入射 X 射线激发样品后，样品的出射 X 射线中几乎不包含连续散射背景，得到样品中元素荧光 X 射线极佳的峰背比。



图：单色化 Mo: K $\alpha$ 17.4 能量色散谱图

采用硅晶体制成全聚焦型双曲面弯晶，单色化衍射 Mo:K $\alpha$ 17.4eV，有效激发 5KeV~17KeV 能量区间内的元素，从样品中出射的射线除了被激发样品中的元素荧光射线和 Mo:K $\alpha$  瑞利散射和康普顿散射外，几乎不含其它散射线，另一优势是充分利用能量色散探测器 SDD 计数率，因此达到对目标元素极佳的检出限。



图：单色化激发能量色散元素荧光谱图

样品：水基体中配置 Cr、Co、Ni、Cu、Zn、As、Hg、Pb、Br，含量 2ppm 溶液，元素能量谱图。

## 参考资料

- [1]刁桂年. X 射线荧光光谱分析的新进展[J]. 现代仪器,2003(3):1-5. DOI:10.3969/j.issn.1672-7916.2003.03.001.]
- [2]程大伟. LiF 双曲面全聚焦弯晶 X 射线仪器研制和应用[D]. 钢铁研究总院,2021.DOI:10.27027/d.cnki.ggtey.2021.000005.
- [3]滕云,刘小东,余重秀,李伯伦,施小灵,刘伟龙.全聚焦双曲面弯晶在单波长 X-射线荧光光谱仪中的应用[J].环球市场信息导报,2014(33):173+162.
- [4]LI B; Liu X; TENG Y; SHI X. Single wavelength excitation energy dispersion X ray fluorescent spectrograph, has hyperboloid spectral crystal installed between X light pipe and detector, where emitting angle between crystal and detector is in specific range. 专利号 CN204359695-U. 专利权人: BEIJING ANKEHUI TECHNOLOGY CO LTD(BEIJ-Non-standard).
- [5]吴梅,章然,章群丹,等. ED-XRF 法快速测定轻质石油产品中的微量有害元素[J]. 石油炼制与化工,2020,51(12):96-101. DOI:10.3969/j.issn.1005-2399.2020.12.018.
- [6]李桂兰,苏明跃,谢卫东,刘小东,滕飞.单波长激发能量色散 X 射线荧光光谱测定水泥及其原材料全元素方法性能评估[J].水泥,2021(12):59-63.DOI:10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2021.12.021.
- [7]韩伟丹,杜祯宇,任立军,殷惠民,刘小东,范爽.单波长激发能量色散 X 射线荧光光谱测定土壤样品中镉等元素方法性能评估[J]. 冶金分析,2021,41(08):22-33.DOI:10.13228/j.boyuan.issn1000-7571.011328.
- [8]刘通,邢仕歌,刘晓静,王秀娟,滕飞,刘小东,许秀丽.X 射线荧光光谱结合基本参数法快速测定食品中砷、镉、铅元素含量[J].中国食品卫生杂志,2021,33(06):790-796.DOI:10.13590/j.cjfh.2021.06.026.
- [9] GB 18871-2002, 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [10]《国际电离辐射防护和辐射源安全基本安全标准》简介[J].辐射防护通讯,1994(05):56-61.

原创声明: 本文除注明引用之外属于安科慧生 (Ancoren) 公司原创, 若有转发和引用, 必须注明出处, 否则可能涉及侵权行为!

更详细技术信息, 请咨询安科慧生工作人员!