

MEGREZ- α 产品技术白皮书



产品名称：双源单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪

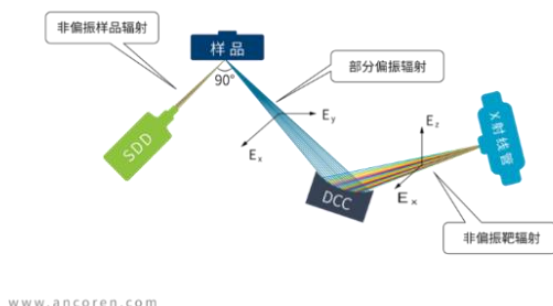
型号：MEGREZ- α

通过全聚焦型双曲面弯晶技术实现 X 射线光管出射谱单色化聚焦激发样品，降低 X 射线管散射线背景干扰，大幅降低元素检出限；采用高计数率与分辨率硅漂移探测器采集荧光信号，达到对样品中痕量元素检测能力；完整的基本参数法，提升样品元素定量精度和样品适应性，支持开发各类样品应用方法；采用双 X 射线管实现不同能量段的单色化聚焦激发，实现更宽元素范围（C-U）定量分析。双源单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪，MEGREZ- α ，可用于如下应用领域：

- 1) 材料元素含量分析；
- 2) 金属镀层与涂层厚度与面密度分析；
- 3) 锂电池材料元素含量分析；
- 4) 石油化工产品中微量金属杂质含量分析；
- 5) 高纯金属（合金）纯度与元素含量分析；
- 6) 土壤、固废、空气滤膜元素成分与含量分析；
- 7) 矿物与矿产冶炼元素含量分析；
- 8) 根据科研与检测需求，快速开发元素分析方法；

一、硬件核心技术：双源单色化聚焦激发技术

单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪偏振消光光路原理图



全聚焦双曲面弯晶衍射 X 射线管出射谱中高强特征 X 射线，将 X 射线光管出射谱单色化并聚焦入射到样品一点，因此从样品出射的 X 射线除了样品中的元素被激发产生的荧光 X 射线和单色化入射谱线的散射线外，不存在 X 射线管韧致辐射所引起的连续散射背景，从而大幅降低元素荧光射线的散射线背景。

单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪与当前先进的硅漂移探测器（SDD）是天作之合，硅漂移探测器计数率最高达到 110 万 CPS，所探测样品荧光射线的立体角也受到接受晶体面积的限制，单波长聚焦激发降低入射射线背景射线强度的同时，又聚焦激发，提升 SDD 探测的样品元素荧光射线立体角，大幅提升元素荧光射线信噪比。

双源单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪是安科慧生十年技术积累的结晶，依靠全聚焦型双曲面弯晶核心技术，采用两个 X 射线激发源，将能量色散 X 射线荧光光谱仪元素分析范围扩展至 C、N、O、F，且有无可比拟的灵敏度和稳定性，结合一如既往对金属元素优异的低检出限性能，从而成为元素分析性能优异的新型 X 射线荧光光谱仪。

仪器具有如下特点：

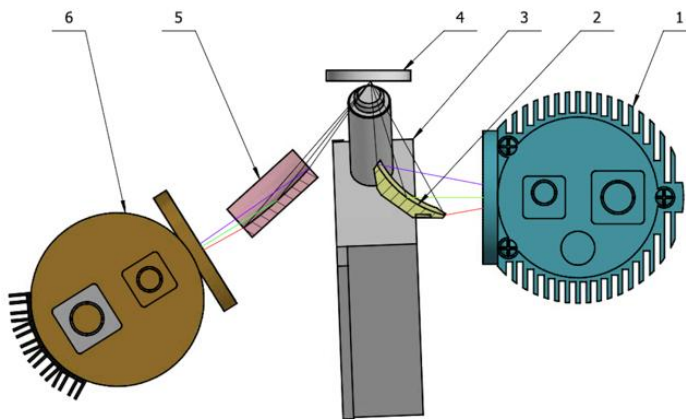
1、全聚焦型双曲面弯晶单色化聚焦激发技术

- （1）消除 X 射线管出射谱中散射线背景
- （2）聚焦激发增加探测器接收元素荧光信号强度
- （3）偏振消光光路进一步降低入射射线散射线背景

2、双 X 射线管实现全元素（C-U）高灵敏分析

- （1）双 X 射线管与双曲面弯晶组成多个单色化器，实现全元素分析范围

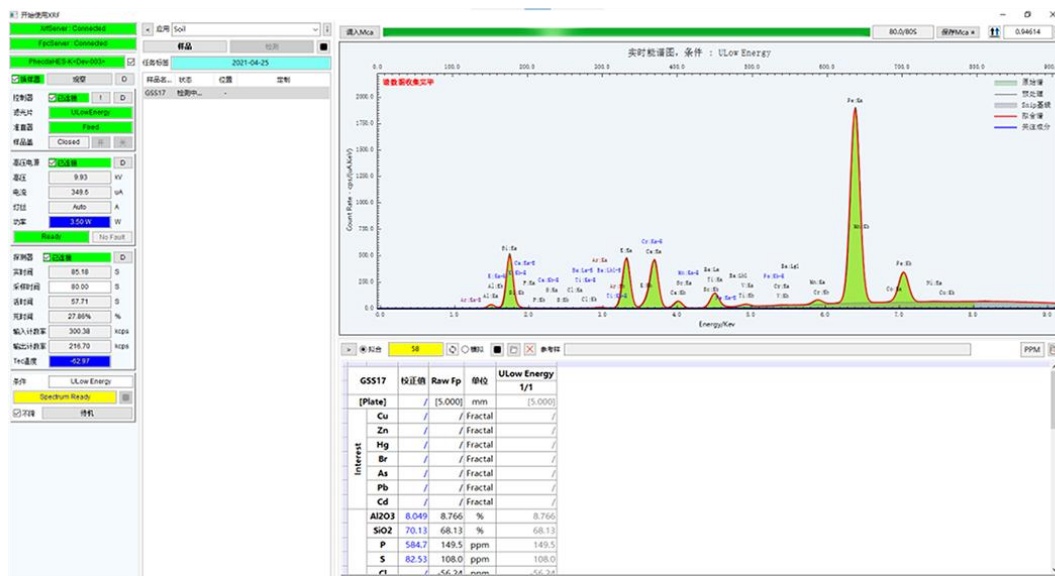
(2) 增强对超轻元素（C、N、O、F）激发和接收性能



双 X 射线管单色化入射光路结构示意图

二、软件核心技术：全息基本参数法（Holospec FP 2.0）

- (1) 理论计算解决 XRF 基体效应、元素间吸收-增强效应、探测器效应等
- (2) 实现元素无标定量分析
- (3) 提升元素定量精度
- (4) 扩展样品适应范围



全息基本参数法-Holospec FP 2.0

XRF 面临的难题是基体效应、元素间吸收-增强效应、标准样品欠缺等问题，从而对于不同类型样品的定量分析带来挑战。

全息基本参数法（Holospec FP®）通过对 X 射线荧光光谱从产生到探测的各个环节进行计算，将物理学明确的物理现象建立相应的数学模型，基本参数法消除了由于不同类型样品基体差异所产生的背景差异，减少分析误差，通过少数标准品的校正即可得到元素精确定量分析结果。

安科慧生历经十几年的积累，成功将全息基本参数法与先进数学模型应用于 XRF 定量分析中，极大提升元素定量精度和样品适应性。

Holospec FP with Advanced MM 区别于常规基本参数法的不同和优势，具有如下几点：

① 完整性

从入射 X 射线光强度分布、X 射线光与样品相互作用、元素荧光射线产生到探测器探测整个过程均采用基本参数库和先进数学模型进行理论计算，得到样品中元素理论含量，理论含量具有明确的物理学意义，能够诠释 X 射线荧光从产生到探测的整个过程。

② 高精度

Holospec FP with Advanced MM 充分计算了基体效应、元素间吸收-增强效应、元素谱线重叠与干扰、探测器效应等，理论计算值具有一定的定量精度，且在一定样品范围内（样品应用方法涵盖范围）均能得到一致的定量精度，通常情况下，仅需要 1-3 个标准样品（或定值样品）的校正即可修正定量误差，达到高精度元素定量结果。

全息基本参数法（Holospec FP）另一特性是采用非线性最小二乘法全谱拟合，而非一般 FP 采用的对若干选定的谱线进行拟合。这一点极大提升计算精度，实现样品中主量元素和微量元素同步计算和定量分析。

在未使用标准样品进行校正的情况下，无标定量分析准确度可达到复杂基本样品（矿石、固体废物及其混合物等）主量元素（标准样品值）1%-90%，相对误差 $\leq 10\%$ ；杂质元素 0.01%-1%，相对误差 $\leq 15\%$ ；微量元素 0.0001%-0.01%，相对误差 $\leq 20\%$

同时 Holospec FP 支持计算值与标准样品标准值之间建立校正曲线，进一步提升元素定量精度。

③ 适用性（开发支持）

Holospec FP with Advanced MM 使用于各类样品的应用方法开发，通过编辑元素定量列表，调整部分分析参数，可以迅速建立各类样品的定量分析方法。

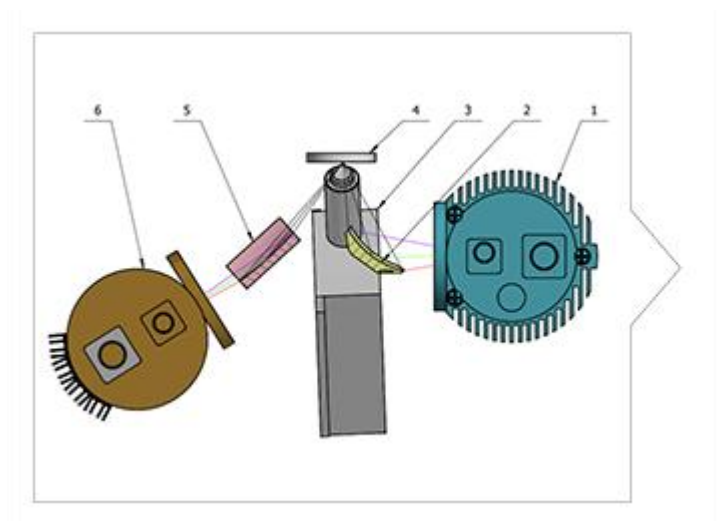
④ 可视化

软件具有可视化界面，元素谱峰、计算谱与探测谱的拟合情况、元素计算含量等均可可视化。

三、仪器特点

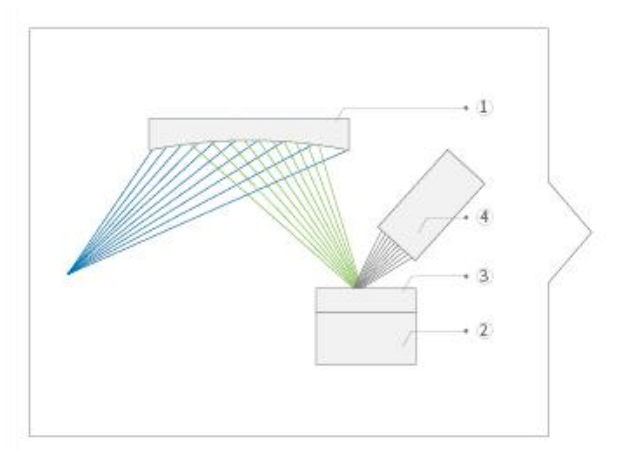
（1）双 X 射线管多单色化器

采用 Ag 靶与 W 靶双 X 射线管设计，分别与全聚焦型双曲面弯晶组成单色化聚焦入射光路，分段高效激发全元素（C-U）能量范围。



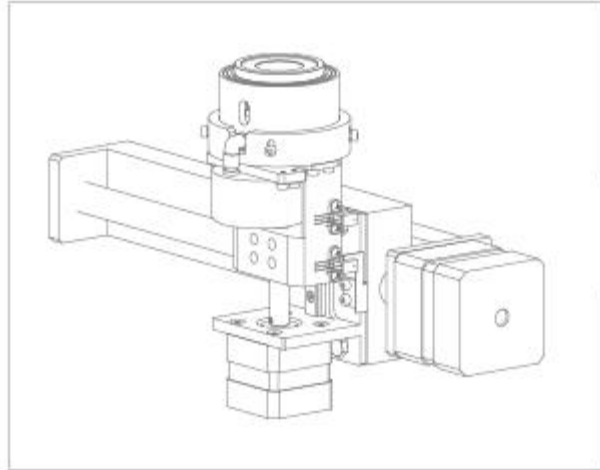
（2）下照式光路设计

入射射线自上而下照射样品表面，避免样品表面灰尘污染光路系统或探测器，更可直接分析液体样品。



(3) 样品自旋装置

样品围绕中心轴旋转，入射射线扫描样品较大面积，减少样品不均匀性造成的分析误差。



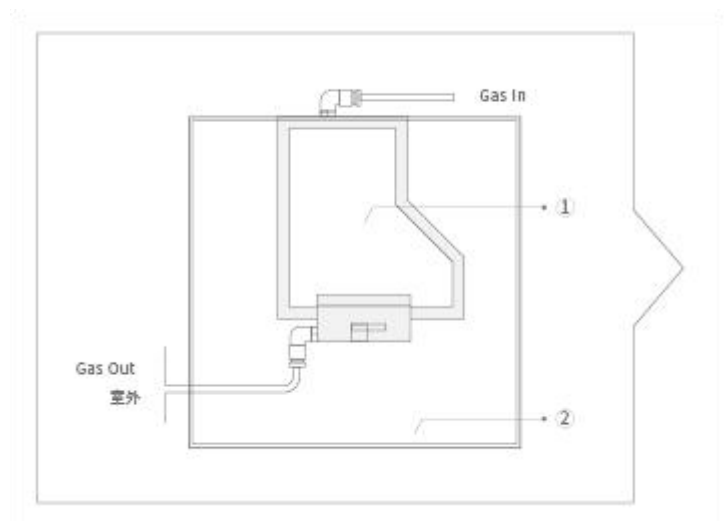
(4) 机器人进样系统

三轴机器人进样系统，定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ，可批量完成 90 个以上样品分析。



(5) 自充气光路吹扫系统

气路吹扫系统使系统快速达到稳定状态，无需复杂的维护；快速吹扫功能，10 秒内完成光室气体吹扫。



应用领域	解决问题	应用特点
土壤无机元素分析	- 满足《GB15618-2018 土壤环境质量农用地土壤环境污染风险管控标准》中重金属限量值检测要求 - 满足《GB36600-2018 土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》中重金属限量值检测要求 - 各类土壤与沉积物中 50 多种无机元素含量分析	- 优化镉的检出能力，土壤镉的检出限达到 0.06mg/kg - Holospec FP 算法消除土壤基体差异，达到土壤无机元素精确定量分析
水质重金属检测	- 满足地表水、地下水、生活饮用水、企业排污水等重金属限值含量检测 - 环境水质污染事件重金属含量现场快速检测	重金属富集膜片技术（HMET）与 HS XRF 联用，将水质重金属检出限降低至 1-3 $\mu\text{g/L}$
固废重金属检测	- 满足固废中 27 种毒性元素和 7 种氧化物快速定量分析 - 危废鉴别-毒性元素含量分析	- Holospec FP 对各类固体废物的基体自适应 - 样品处理简单，快速定量分析
PM2.5 无机元素分析	- 满足《HJ 829-2017 环境空气 颗粒物中无机元素的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法》 - 提供从 PM2.5 无机元素分析到污染	- PM2.5 膜片中三十几种无机元素含量快速含量分析 - Holospec FP 完成无标样（或少标样）情况下 PM2.5 膜片元素含量分析

	溯源源数据分析	
食品重金属快速检测	• 满足《GB2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量》中部分食品重金属限量值检测要求 • 水产品、肉类、调味品、水果蔬菜、粮食、茶叶等食品及其制品中铅、镉、砷、铬、镍、锡等重金属含量检测	• 提供全套食品前处理设备与方案，样品处理简单，检测速度快 • Holospec FP 软件对各类食品基体的自适应 • 与实验室参比方法高度一致性
矿石全元素分析	• 铁矿石、铅矿石、铜精矿、锰矿石等无机元素含量分析 • 矿石中有害元素（铅、砷、汞、镉等）含量分析 • 稀土元素含量分析	• 提供现场矿石元素含量整体解决方案 • Holospec FP 算法对各类矿石产品的精确定量分析能力
金属制品元素分析	• 金属（合金）含量分析	• Holospec FP 2.0 实现高纯金属与合金无标定量，采用少量标准样品进一步提升定量精度； • 针对不同高纯金属与合金样品快速建立分析方法；
镀层厚度分析	• 金属材料上有机涂层厚度分析 • 金属材料上金属镀层厚度分析	• 复杂多层结果解析，可以精确到纳米级 • 微量物质元素成分分析
中药重金属含量检测	• 满足中国药典规定的中药重金属（铅、镉、砷、铜）限量值含量检测要求	• Holospec FP 算法对各类中药基体的适应与背景扣除 • 快速、简单、精确
石化产品中金属元素含量分析	• 满足汽柴油产品中铁、锰、铅限量值含量检测 • 润滑油、机油、汽柴油等各类油品中金属元素含量分析	• 对石化产品中金属元素检出限达到 0.1mg/kg 水平 • 二十多种金属元素同步分析
水泥窑协同处置	• 满足环保和建材行业对水泥窑协同处置中规定的从生料、熟料到水泥及水泥浸出物的重金属元素含量检测 • 水泥工业全元素（钠、镁、铝、硅、铁、钙、氯等）含量分析，分析添加材对水泥质量影响的判断	• Holospec FP 算法对各类样品基体的自适应 • 重金属膜片富集技术（HMET）满足水泥熟料浸出物中重金属含量检测

四、MEGREZ- α 技术参数和规格

1. 光源

Ag 靶和 W 靶双微焦斑 X 射线光管，最大功率 $\geq 50\text{W}$ ，最大激发电压 $\geq 70\text{KV}$ ；

2. 入射方式：

下照式（自上向下照射样品），避免样品污染光路系统；

3. 样品口：可以分析最大样品直径 50mm，最大高度 30mm；具有自旋装置，可以减少样品不均匀性造成的分析误差；

4. 全聚焦型双曲面弯晶技术，单色化聚焦入射样品；分别用于激发低、中、高能段元素；

5. 探测器：硅漂移探测器，电冷却，无需液氮；窗口面积 $\geq 25\text{mm}^2$ ，能量分辨率 $\leq 130\text{eV@Mn K}\alpha$ ，最大计数率 $\geq 1100\text{kcps}$ ；

6. 射线安全：样品盖与光管高压电源联动，具有射线自动锁定功能，仪器周围 5cm 内辐射与环境背景一致；

7. 光路气氛保护：氢气或氦气气氛保护系统，气氛具有湿度、流量监测；具备快速吹扫功能，10 秒内完成光室气体吹扫。

8. 软件性能参数

8.1 全息基本参数法（Holospec FP 2.0）

对物理学明确的 X 射线荧光理论建立完整的基本参数库，包括谱线分数、质量吸收系数、荧光产额、二次荧光等；同时采用先进的全谱拟合算法；

8.2 先进的数学模型（Advanced MM）

包括背景扣除算法、谱线权重自适应优化算法、探测器效应计算等；

8.3 软件控制

仪器硬件状态全景参数配置与显示、仪器控制、谱图显示、基本参数法参数编辑、数据存储与查询、谱图存储与比较、故障诊断等；

9. 自动进样单元

9.1 自动进样单元：90 个以上

9.2 三轴自动进样机器人系统，位移重复性精度 $<0.1\text{mm}$ ；

9.3 具备自动扫描条形码输入样品编号功能；

10. 分析性能参数

10.1 元素测试范围

元素周期表 C6-U92 之间的元素；

10.2 元素检出限

超轻元素（C-F）：O -LOD $<0.2\%$ ，F- LOD $<0.05\%$ ；

轻元素（Na-Cl）：Al/Si-LOD $<20\text{mg/kg}$ ，S/Cl $<2\text{mg/kg}$ ；

金属元素（K-Fe）：Cr/Fe-LOD $<2\text{mg/kg}$ ；

重金属元素（Co-U）：Pb/As- LOD $<0.2\text{mg/kg}$ ，Cd-LOD $<0.1\text{mg/kg}$ ；

备注：轻基体（以 CHON）为主量元素的样品，元素分析时间 300 秒；

10.3 可分析各种金属合金，金属纯度(元素)分析范围：LOD-99.99%（以金为例）；

10.4 重复性精度

超轻元素：F 含量 1% RSD $<5\%$

轻元素：S 含量 50mg/kg RSD $<5\%$

金属元素：Cr/Fe 含量 1% RSD $<0.5\%$

重金属元素：Pb/As/Cd 含量 1mg/kg RSD $<10\%$

轻基体材料，元素分析时间 600 秒，7 次分析重复性结果；

10.5 长期稳定性：24 小时能量漂移 $\leq 2\text{eV}$ ；一周内元素定量示值漂移 $\leq 1\%$ ；

10.6 具备基本参数法的无标定量分析算法，基本参数法与先进数学模型定量精度：主量元素 1%-90%，相对误差 $\leq 10\%$ ；杂质元素 0.01%-1%，相对误差 $\leq 15\%$ ；微量元素 0.0001%-0.01%，相对误差 $\leq 20\%$ ；

10.7 可以依靠标准物质或定量物质建立校准曲线，定量准确度进一步提升；

10.8 样品分析时间:30 秒~600 秒；（依据样品类型和精度要求软件设定）

10.9 适用于各种样品形态的样品检测，包括但不限于固体样品、粉末样品、液体样品、粘稠液体样品；

11. 其它

11.1 环境要求：温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度要求：<85%Rh；

11.2 电源功率：220V $\pm$ 10%，1000W；