



# 稀土元素含量快速分析

单波长 X 射线荧光光谱 (HS XRF®) 与全息基本参数法 (Holospec FP 2.0)

## 应用概述

稀土有“工业黄金”之称，在军事、冶金、石油化工、电子材料、玻璃陶瓷等领域有着极其重要的应用价值。在稀土探矿、开采、选矿、加工以及贸易过程中，稀土元素含量的测定贯穿其中，稀土元素共有 17 种，由于大多在元素序数上相邻，物理化学性质十分接近，从而为各类光谱的检测方法带来挑战。常规检测稀土中元素含量的方法有 ICP-AES、ICP-MS 等，需要对稀土矿物或产品进行湿法消解，分析周期长、检测成本高。

X 射线荧光光谱法 (XRF) 做为元素含量分析仪器之一，以其无损、样品处理简单、检测成本低等特点，受到元素分析者的广泛关注与重视。多年来，XRF 对于分析稀土元素一直存在挑战，其一，多数稀土元素的荧光谱线 (K 线系) 处于 33KeV 以上，X 射线管激发和探测器探测效率低；再者，采用经验系数法定量的软件系统需要大量的稀土标准样品，这显然是不现实的。

安科慧生研制的单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪大幅提升稀土元素激发效率，元素分析范围涵盖所有稀土元素，软件采用自主知识产权的全息基本参数法，在使用少量标准样品的情况下，提升稀土元素检测精度。

单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱与全息基本参数法的结合，为稀土元素的检测带来新的分析手段！

## 方法原理

发明专利【专利号:ZL 2017 1 0285264.X】

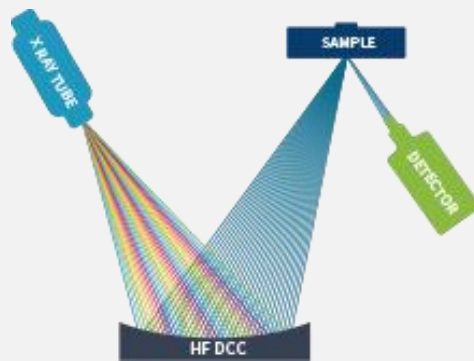
### 1. 硬件核心技术：单波长激发-能量色散 X 射线荧光光谱仪 (HS XRF®)

#### 单色化激发

X 射线管出射谱经全聚焦型双曲面弯晶单色化入射样品，降低 X 射线管连续散射线背景干扰 2 个数量级以上。

#### 聚焦激发

能量聚焦，进一步增加 SDD 探测器接受样品元素荧光射线强度。



单波长聚焦激发技术

## 2. 全息基本参数法 (Holospec FP 2.0)

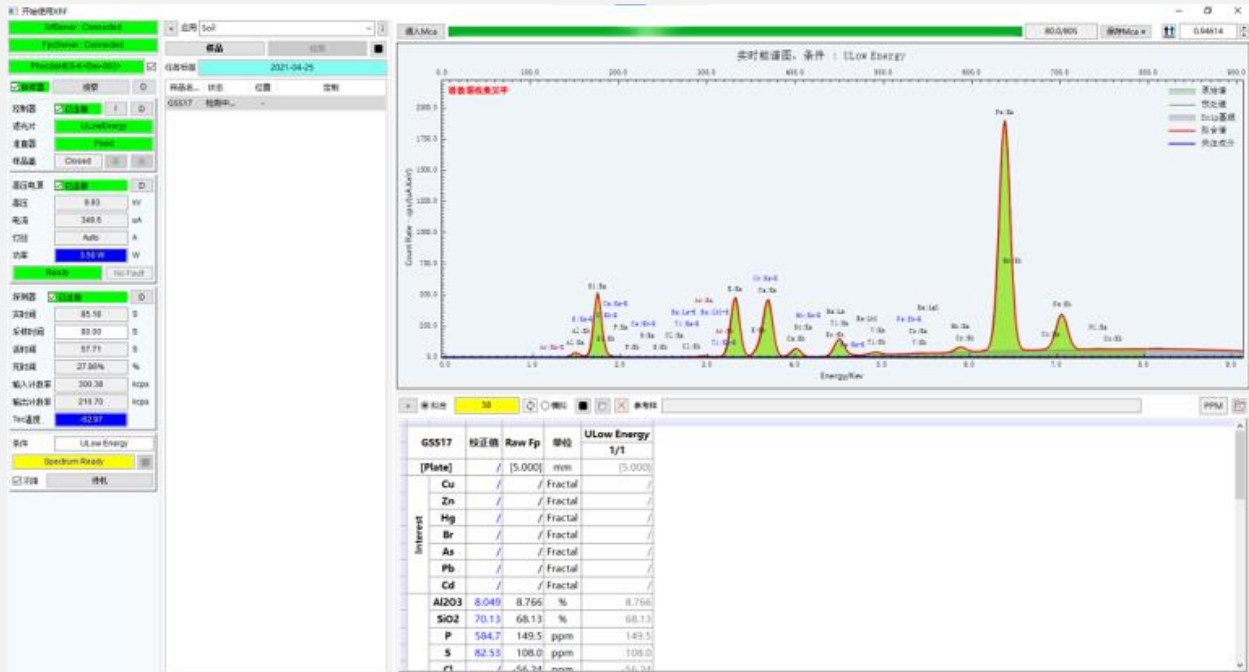
基本参数法 (FP: Fundamental Parameters method) 是 X 射线荧光领域的核心算法和研究重点。安科慧生研发人员历时十几年, 颁布全息基本参数法-Holospec FP 2.0, 将基本参数法的应用提升到前所未有的水平。

### Holospec FP 与常规 FP 区别:

- 1) 全谱拟合: 当前唯一采用全谱拟合的基本参数法
- 2) 完整性: 基本参数库结合先进的数学模型 (Advanced MM), 从而完成对 XRF 整个物理学过程的数字化描述
- 3) 快速: CPU 多核并行运算结合 GPU 单元, 采集谱图与海量运算同步完成
- 4) 可视化与支持用户开发: 可视化图形界面与开放的参数设置

### Holospec FP 功能与优势:

- 1) 通过精确计算消除 (或减少) XRF 物理学各种效应
- 2) 达到元素无标定量分析精度
- 3) 减少标准物质要求, 快速建立 XRF 元素分析方法
- 4) 提升元素定量精度和扩展样品适应性



## 性能数据

### • 分析范围

稀土元素 (或氧化物): 镧 (La)、铈 (Ce)、镨 (Pr)、钕 (Nd)、钷 (Pm)、钐 (Sm)、铕 (Eu)、钆 (Gd)、铽 (Tb)、镝 (Dy)、钬 (Ho)、铒 (Er)、铥 (Tm)、镱 (Yb)、镱 (Lu)、钪 (Sc)、钇 (Y)

无机元素及氧化物: MgO; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiO<sub>2</sub>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; S; Cl; K<sub>2</sub>O; CaO; TiO<sub>2</sub>; MnO; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; CuO; ZnO; Th; Pb; Cs<sub>2</sub>O; Rb<sub>2</sub>O 等

## • 含量范围

稀土元素检出限：1.0~3.0mg/kg (注：不同稀土元素检出限略有差异)

稀土元素含量范围：3.0mg/kg~99.99%

稀土种类：稀土矿物、稀土精矿、稀土制品等

## • 重复性

表 1 轻稀土元素精密度数据汇总

单位：mg/kg

样品名称	测定次数	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
GBW07160	1	112	29.4	40.0	238	123	239
	2	130	31.4	47.6	279	138	264
	3	127	34.3	46.2	274	142	251
	4	148	40.9	48.0	310	143	276
	5	121	36.2	45.5	276	134	234
	6	138	39.1	45.7	291	149	284
	7	120	32.4	42.5	254	131	251
	标准值(mg/kg)	111	34.8	45	220	150	270
	平均值(mg/kg)	128	34.8	45.1	275	137	257
	标准偏差	12.14	4.17	2.87	23.2	8.7	18.5
	相对标准偏差(%)	9%	12%	6%	8%	6%	7%

表 1 轻稀土元素精密度数据汇总

单位：mg/kg

样品名称	测定次数	Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
GBW07160	1	47.9	313	75.8	227	38.8	215	29.7	2995	9.1
	2	49.2	353	68.4	237	33.6	215	27.7	3002	8.0
	3	43.6	330	63.9	222	31.9	218	28.8	3012	8.9
	4	45.9	327	82.0	227	31.1	221	28.1	2998	8.7
	5	45.8	310	63.4	205	32.3	215	32.7	3007	8.1
	6	46.2	317	80.7	219	31.4	219	35.1	2993	9.8
	7	45.6	326	78.0	217	31.5	220	31.8	2993	8.2
	标准值(mg/kg)	57.7	360	75	220	31.6	220	30.4	3030	8.9
	平均值(mg/kg)	46.3	325.0	73.2	222	32.9	218	30.6	3000	8.7
	标准偏差	1.79	14.45	7.84	9.96	2.71	2.55	2.73	7.35	0.64
	相对标准偏差(%)	4%	4%	11%	4%	8%	1%	9%	0.5%	7%

对稀土矿石成分分析标准物质 GBW07158-GBW07161 四个标准样品进行分析，得到稀土氧化物总量的分析精度为：

## • 分析精度

标样	GBW 07158	GBW 07159	GBW 07160	GBW 07161
标准值 $\sum RExO_y$ (%)	0.092	0.085	0.486	0.784
方法测试值 (%)	0.089	0.090	0.499	0.732
标准偏差	-3.3%	5.9%	2.7%	-5.4%

## 特点优势



### 样品处理简单

对稀土矿物采用破碎、研磨等均匀性处理至 80 目以上，对稀土制品有 1cm<sup>2</sup>的测试平面；



### 分析速度快

危害元素：S、Cl、F，常量元素：Na-Zn



### 应用范围宽

可以针对不同稀土矿物类型、稀土精矿、稀土制品、高纯稀土快速建立分析应用方法；

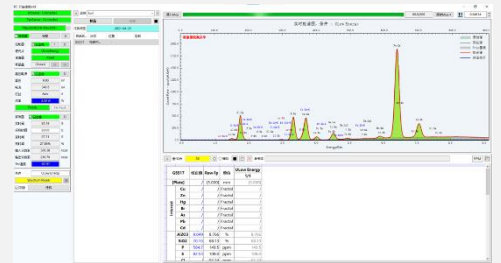
## 方案展示



便携式 HS XRF：PHECDA-PRO



台式机 HS XRF：PHECDA-HES



全息基本参数法 (Holospec FP 2.0)

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！