



全 聚 焦 双 曲 面 弯 晶 & 快 速 基 本 参 数 法

## 土壤中营养元素含量分析

HS XRF 与 Fast FP 联用技术

### 一、概述

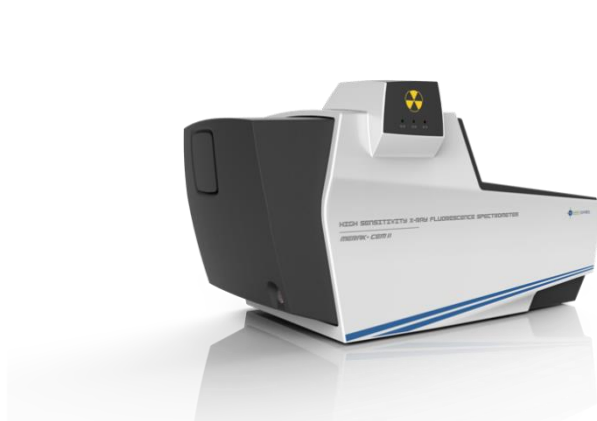


植物生长需要十七种元素，分别是碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铜、铁、锰、锌、钼、硼、氯、硅。其中碳、氢、氧来自空气和水，其余来自土壤，因此对土壤中主量和微量元素对于植物的成长尤为重要。通常采用多种分析方法进行土壤中主量元素和微量元素含量分析，包括采用**燃烧碘量法**分析硫含量，**原子吸收分光光度法**分析钾、钙、镁、铜、铁、锰、锌等金属元素，**凯氏定氮仪**分析土壤中氮元素含量，还有**等离子发射光谱法**等。这些方法需要把土壤样品消解成溶液，样品处理复杂，仪器操作繁琐，效率低下。

新型**单波长-能量色散 X 射线荧光光谱仪**采用双曲面弯晶单色化技术，优化元素的激发效率与减少 X 射线管连续散射线背景，使仪器具备轻金属痕量检测能力，快速基本参数法（Fast FP）将物理学明确的现象建立相应的数学模型，提升元素精确定量水平。MERAK 系列的 X 射线荧光光谱仪（XRF）能够完成土壤样品中钠、镁、铝、硅、磷、硫、氯、钾、钙、锰、铁、锌等主量元素和微量元素含量分析，具有样品处理简单、分析速度快、精度高，成本低等特点，是土壤中营养元素检测的利器。



单波长 X 射线荧光光谱仪 MERAK-SC



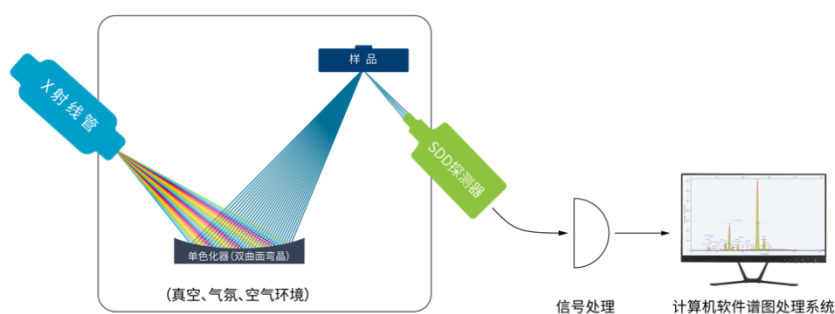
单波长 X 射线荧光光谱仪 MERAK-CEMII

## 二、技术原理

### 1) 单波长聚焦激发技术

单波长 X 射线荧光光谱仪 MERAK-SC 将全聚焦型双曲面弯晶单色化技术与二次靶完美结合，全聚焦型双曲面弯晶将 X 射线光管出射谱中靶材特征射线单色化衍射并聚焦到样品一点，大幅降低 X 射线管出射谱中连续散射线背景对样品元素谱的干扰，提升元素检测信噪比，弥补了传统能量色散 X 射线荧光光谱仪对轻元素灵敏度不足，单波长 X 射线荧光光谱仪实现对微量和痕量元素的检测分析。（发明专利：201510970857.0）

单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪原理



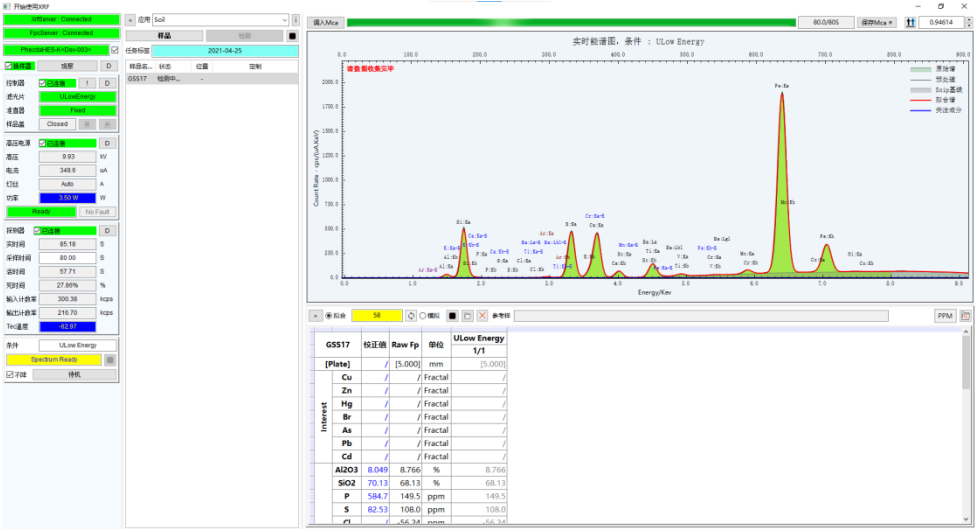
Designed by Ancoren.com

### 2) 快速基本参数法

基本参数法（FP）是 XRF 定量分析的一项前沿技术，其通过对 X 射线荧光物理学明确的物理现象建立基本参数库和系列数学模型，经过大量计算直接得到样品中各元素的含量，解决了 XRF 基体效应、元素间吸收增强效应、谱线重叠干扰、探测器各种效应等对定量分

析的复杂性和不确定性，实现欠缺标准样品情况下的样品元素定量分析。

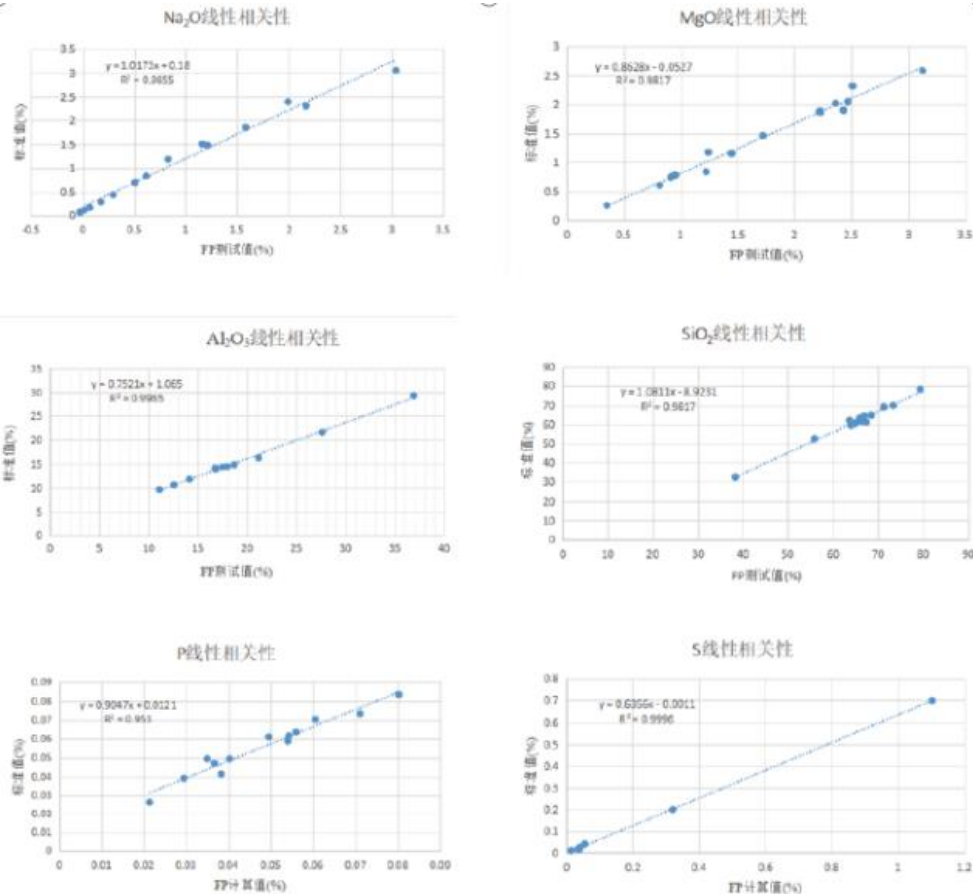
北京安科慧生研发的快速基本参数法（**Fast FP2.0**）不仅采用基本参数库，同时建立系列的数学模型，从而使得基本参数法提升到定量分析水平，在样品适应性、定量精度、扩展性等方面处于国际领先水平。



### 三、性能数据

#### 1) 线性

通过 20 个土壤标准物质建立的 Fast FP 计算值与标准值之间关系曲线，各目标元素（或氧化物）线性相关系数  $R^2$  在 **0.970~0.999** 之间。



## 2) 重复性

单波长 X 射线荧光光谱仪 MERAK-SC 与快速基本参数法 Fast FP2.0 测试土壤标准样品 GBW(E)070011 的重复性结果如下表:

元素	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P (mg/kg)	S (mg/kg)	Ti (%)	V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
GBW(E)070011 标准值	16.30	0.44	2.02	2.92	8.27	636	/	0.414	138	101	0.164	45.9
1	16.97	0.472	1.983	2.927	8.145	610.1	171.5	0.443	123.1	107.7	0.164	42.56
2	16.98	0.497	1.987	2.932	8.112	606.3	176.6	0.449	146.4	106.2	0.164	43.47
3	16.98	0.474	1.992	2.924	8.125	605.5	174.9	0.441	124.0	108.4	0.164	43.10
4	16.97	0.495	1.986	2.915	8.123	601.4	178.6	0.444	133.0	112.3	0.164	42.80
5	16.97	0.482	1.999	2.929	8.120	599.3	172.7	0.444	129.0	104.2	0.165	42.40
6	16.98	0.470	1.983	2.922	8.119	609.6	173.6	0.447	127.4	107.4	0.164	43.88
7	16.97	0.489	1.986	2.933	8.120	601.6	179.8	0.440	128.9	102.1	0.164	44.02
8	16.97	0.477	1.986	2.928	8.120	601.8	174.7	0.439	122.0	103.4	0.164	41.52
9	16.98	0.492	1.996	2.927	8.108	602.9	174.9	0.442	124.2	101.9	0.164	38.66
10	16.99	0.461	1.987	2.925	8.122	604.5	181.3	0.449	132.9	104.5	0.165	42.54
11	16.98	0.471	1.977	2.916	8.123	611.8	178.4	0.440	128.9	104.9	0.164	41.01

12	16.98	0.494	1.986	2.910	8.112	607.8	178.1	0.442	144.2	105.6	0.164	42.61
13	16.99	0.480	1.977	2.911	8.118	609.5	182.9	0.442	129.3	108.7	0.164	42.18
14	16.99	0.487	2.006	2.916	8.108	617.9	180.4	0.441	123.3	105.8	0.164	41.15
SD	0.008	0.011	0.008	0.0076	0.0092	5.0626	3.43	0.003	7.463	2.818	0.0004	1.3811
Avg	16.98	0.48	1.99	2.92	8.12	606.43	177.0	0.44	129.76	105.94	0.16	42.28

表 1:土壤标准样品重复性测试数据

3) 准确性

样品 编号	20N3100 003	20N3100 006	20N3100 015	20N3100 016	20N2620 009	20N2620 023	20N2620 031	20N2620 038	20N2620 040	20N2620 042	20N2620 047
燃烧法测试值	0.26%	0.88%	0.25%	0.66%	0.17%	0.16%	0.13%	0.12%	0.11%	0.18%	0.13%
XRF 测试值	0.27%	0.92%	0.27%	0.65%	0.17%	0.16%	0.12%	0.11%	0.12%	0.19%	0.13%
相对 偏差	1.31%	2.22%	3.29%	-0.53%	1.46%	0	-1.59%	-3.93%	2.18%	0.54%	0.39%

表 2：实际土壤样品硫含量燃烧法与 XRF 对比表

元素	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Na2O (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)	P (%)	Ti (%)	Cr ( mg/kg )	Mn (%)	Ni ( mg/kg )	S (%)	C l(%)
GBW(E)070005	13.93	61.34	1.51	1.88	2.99	6.36	0.070	0.455	89.90	0.118	60.80	/	/
测试值	13.74	62.90	1.36	1.87	2.86	6.17	0.067	0.440	86.06	0.113	75.72	/	/
GBW(E)070007	14.00	63.00	2.39	1.46	4.82	4.64	0.062	0.350	35.00	0.072	18.60	/	/



测试值	13.62	62.23	2.21	1.44	4.72	4.44	0.062	0.352	45.11	0.071	20.43	/	/
GBW(E)070008	14.32	60.57	1.48	2.32	3.58	6.95	0.047	0.412	84.30	0.210	333.0	/	/
测试值	14.25	61.34	1.41	2.11	3.27	6.47	0.045	0.403	79.00	0.187	312.9	/	/
GBW(E)070010	14.86	59.51	1.19	1.87	3.12	6.99	0.061	0.453	87.00	0.107	55.20	/	/
测试值	15.14	60.25	1.02	1.87	3.16	6.87	0.057	0.460	84.77	0.106	47.30	/	/
GSS-5	21.58	52.57	0.12	0.61	0.10	12.62	0.039	0.629	118.0	0.136	40.00	0.041	0.010
测试值	21.84	51.52	0.19	0.65	0.16	12.01	0.039	0.618	130.7	0.138	35.83	0.034	0.097
GSS-13	11.76	64.88	1.86	2.05	5.00	4.11	0.083	0.382	65.00	0.058	28.50	0.016	0.008
测试值	11.69	65.11	1.79	2.08	5.22	4.42	0.085	0.386	74.91	0.060	30.24	0.024	0.016
GSS-18	10.56	60.40	3.05	2.58	6.80	3.63	0.587	0.320	55.00	0.053	25.00	0.700	0.780
测试值	10.54	61.33	3.27	2.65	6.89	4.05	0.061	0.343	62.03	0.054	25.61	0.699	0.780

表 3：土壤标准样品准确性比较表

四、样品处理

采用压片法，即可获得土壤中多项营养元素定量分析。



1、粉碎

用破碎机将土样粉碎至80目以上



2、装样

在压环内放入已粉碎的土样



3、压片

将装有样品的托盘放入压片机，开启后静置3秒



4、成片

将样品拿出即可成片测试

样品制备过程简单，大约 10 分钟即可完成。

五、特点优势



稳定

开机 1 小时，即可得到稳定分析数据，连续测试、长期测试均具有优良的重复性；



精确

基本参数法理论计算，消除样品基体差异、谱线干扰带来的分析误差，仅需少数标准（定值）样品，即可得到准确定量结果；



低耗

无需消耗气体、液氮制冷、真空等，长期运行低故障率；



快速

最快 **60** 秒即可完成一个土壤样品营养元素含量分析；



扩展

可扩展分析各类样品中 **Na-Zn** 元素含量。

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！  
详细技术信息，请咨询安科慧生工作人员！