



矿产冶炼元素分析解决方案 SOLUTION OF ORE ELEMENT ANALYSIS

单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪与快速基本参数法
HS XRF® | MERAK & PHECDA SERIES WITH FAST FP2.0



WWW.ANCOREN.COM
SALES@ANCOREN.COM

版本号: AKM2022P04
2022年4月印刷, 若有改动, 恕不另行通知

北京市通州区环科中路2号院21号楼 010-56865012



矿体

> 探矿、勘探、开发、开采 >

> 矿物加工、选矿、矿渣处理 >

>>>>> 金属冶炼 >>>>>

>>>>> 金属、高体合金 >>>>>



金属

目录

公司介绍
Company profile

P3

核心技术
Core technology

P4

矿石元素含量分析
Ore element analysis

P5-P6

精矿元素含量分析
Concentrate element analysis

P7-P8

矿渣类样品元素含量分析
Slag samples element analysis

P9-P10

高纯金属(合金)分析
High purity alloy analysis

P11-P12

稀土元素含量分析
Rare earth element analysis

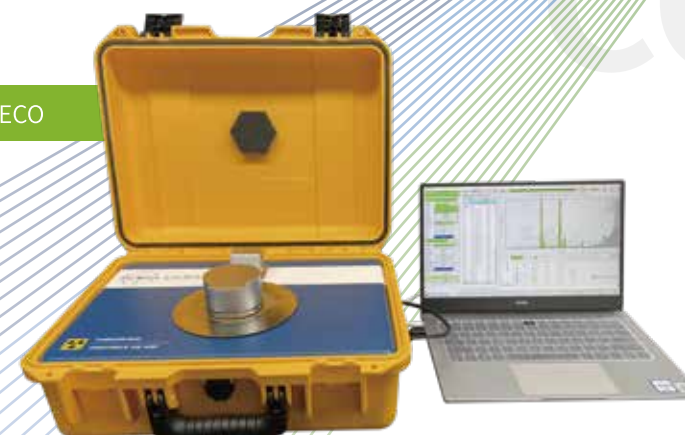
P13-P14

铁矿石元素含量分析
Iron ore element analysis

P15-P16

HS XRF® & FAST FP2.0
SOLUTION OF ORE ELEMENT ANALYSIS

PHECDA-ECO



MERAK-CEMII



PHECDA-HES



COMPANY PROFILE

公司简介

北京安科慧生科技有限公司是集研发、生产、销售为一体的高新技术企业，公司聚集多名多年从事X射线荧光研发的精英，将先进的设计理念与尖端X射线荧光技术相结合，不断突破X射线荧光领域新技术，公司拥有高通量全聚焦型双曲面弯晶(High Flux Johansson-Type DCC)、快速基本参数法(Fast FP®)等多项X射线荧光领域尖端技术，并成功研制出国内首台单波长色散X射线荧光光谱仪(MWD XRF)和世界首台单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪(HS XRF®)。

单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪灵敏度获得大幅提升，将XRF对元素的分析范围从常量检测延伸至微量和痕量检测，满足更多领域对元素分析的需求，产品应用于石油化工、环境保护、食品安全、矿产冶炼、建筑材料等多个领域。

安科慧生研制的快速基本参数法(Fast FP2.0)结合先进的数学模型(Advanced MM)使XRF实现无标定量分析成为可能，同时具有精确、快速、可视化、支持应用开发等特点，为各行业元素快速定量分析提供可靠的算法支持系统。

安科慧生以坚持不懈的创新精神和领先的技术实力，做受人尊重的科学仪器，填补市场空白，提升客户使用价值，为科技发展做出贡献！



核心技术



发明专利

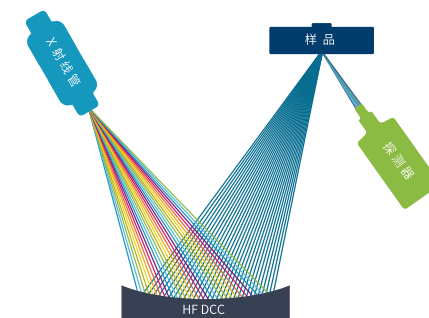
硬件核心技术:单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪(HS XRF®)

1) 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；

2) 聚焦激发

能量聚焦到样品较小面，进一步增加SDD探测器接收样品元素荧光射线强度；



单色化聚焦激发技术

专利号：ZL 2015 1 0567341.1



软件著作权

软件核心技术:快速基本参数法(Fast FP®)

XRF元素定量难点：

1) 基体效应

2) 元素之间吸收-增强效应

3) 标准样品欠缺

基本参数法是XRF定量分析的一项前沿技术，其通过对X射线荧光明晰的物理现象建立基本参数库和先进数学模型，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。



Fast FP软件

声明：安科慧生是以上技术发明专利拥有者，针对任何侵权行为，我们将进行法律维权！

矿石元素含量分析



应用概述：

矿石是矿产冶炼的原材料，其元素含量的测定对于选矿以及冶炼加工至关重要。各类矿石中主量元素以及微量元素的测定通常采用化学滴定、AA、ICP、ICP MS等多种分析方法，操作过程繁琐、耗时耗力。单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪与快速基本参数法正在改变这一现状，针对各类矿石样品，同步分析其主量元素以及杂质元素含量，检测速度快，减少人力物力消耗，为矿产开发与冶炼企业带来新的元素分析方法。

性能数据：

- 矿物种类与元素范围

应用名称：OreElements1.0；

矿物种类：
铬矿、铜矿、锰矿、镍矿铝土矿等；

- 准确度

元素类型	元素范围
主元素	Cr, Ni, Cu, Mn
常量元素	Si、Mg、Ca、Al、K、Fe、S、Ti
杂质及微量元素	Zn 、Cd、Ag、Sb、Bi、Mn、Cr、Ni、Co、Sn、Ba、Cl、P、As、Pb、Mo等

镍矿石标准样品准确性表

样品名称	标准值	Fast FP值	相对误差
GBW07146	0.33%	0.30%	-7.73%
GBW07147	1.02%	0.91%	-11.16%
GBW07145	0.11%	0.11%	-2.09%
ZBK410	5.71%	5.21%	-8.79%
ZBK411	1.17%	1.09%	-6.75%
ZBK413	1.70%	1.56%	-8.18%
ZBK414	1.86%	1.76%	-5.54%
ZBK415	1.97%	1.86%	-5.84%
ZBK416	2.18%	1.99%	-8.67%
ZBK417	3.98%	3.54%	-11.18%

铜矿石标准样品准确性表

样品名称	标准值	Fast FP值	误差
ZBK335	6.78%	6.85%	1.02%
ZBK336	12.79%	12.47%	-2.50%
GBW07233	1.15%	1.30%	12.96%
ZBK339	8.46%	7.59%	-10.27%

锰矿石标准样品准确性表

样品名称	标准值	Fast FP值	误差
WK752	22.09%	22.35%	1.18%
WK753	26.25%	26.70%	1.71%
WK755	35.71%	36.51%	2.24%
GBW07265	22.54%	23.28%	3.28%
GBW070181	48.93%	50.70%	3.62%
GBW070182	42.44%	43.59%	2.71%

铬矿石标准样品准确性表

样品名称	标准值	Fast FP值	误差
ZBK440	18.85%	18.96%	0.58%
ZBK441	22.58%	22.43%	-0.66%
ZBK442	31.98%	33%	3.19%
GBW07818	12.04%	12.35%	2.57%
GSBD33001.1-94	24.84%	24.79%	-0.20%
GSBD33001.2-94	26.55%	26.67%	0.45%

说明：对各类矿石标准样品分析，快速基本参数法Fast FP2.0测试值与标准值之间误差。

部分常量及杂质元素准确度偏差范围统计表

元素	Fe ₂ O ₃	Ti	Zn	S	Pb	Ag
相对偏差	±10%	±15%	±15%	±20%	±20%	±20%
重复性(RSD)	0.10%	2.50%	0.20%	3.00%	3.20%	5.40%

注明：
以上对不同种类矿石标准物质采用快速基本参数法测定值，若针对各类矿石建立校正曲线，可进一步减小误差。

分析过程：



Step1：矿石破碎
采用破碎、切割、研磨等方式将矿石细度至80目以上



Step2：粉末压片
使用压片机将矿石粉末样品压片



Step3：仪器分析
HS XRF分析, 3~7分钟得到各元素含量值

特点优势：

制样简单

矿石样品破碎研磨至80目以上

分析速度快

3-7分钟/样品

元素范围宽

从主量元素到微量元素，一次性分析几十个元素

精确

针对矿物类型建立校准方法得到更为精确分析结果

精矿元素含量分析



应用概述：

铜精矿、铅精矿、锌精矿等是经过选矿得到的进一步冶炼金属成品的原材料，其品级按照元素化学成分含量划分，精矿类样品除了品质元素的测定，还需要测定金、银等有价值元素，以及镉、汞、铅、砷、氟等有害元素。由于精矿类样品的矿物组成与元素组成复杂、元素含量范围宽、杂质与有害元素含量低等特点，对X射线荧光光谱法分析精度带来挑战。单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪结合快速基本参数法大幅提升精矿类样品元素分析精度，同时具备元素分析范围宽、微量元素同步分析等特点。

性能数据：

• 应用方法

下述以铜精矿中元素分析性能为例
铜精矿应用：Finecopper1.0。

元素类型	元素范围
主量元素	Cu、Fe、S
杂质元素	MgO、CaO、Al2O3、SiO2
微量元素	Cl、Mn、Cr、Bi、As、Zn、Sb、Pb、Ni、Cd、Ag

• 线性

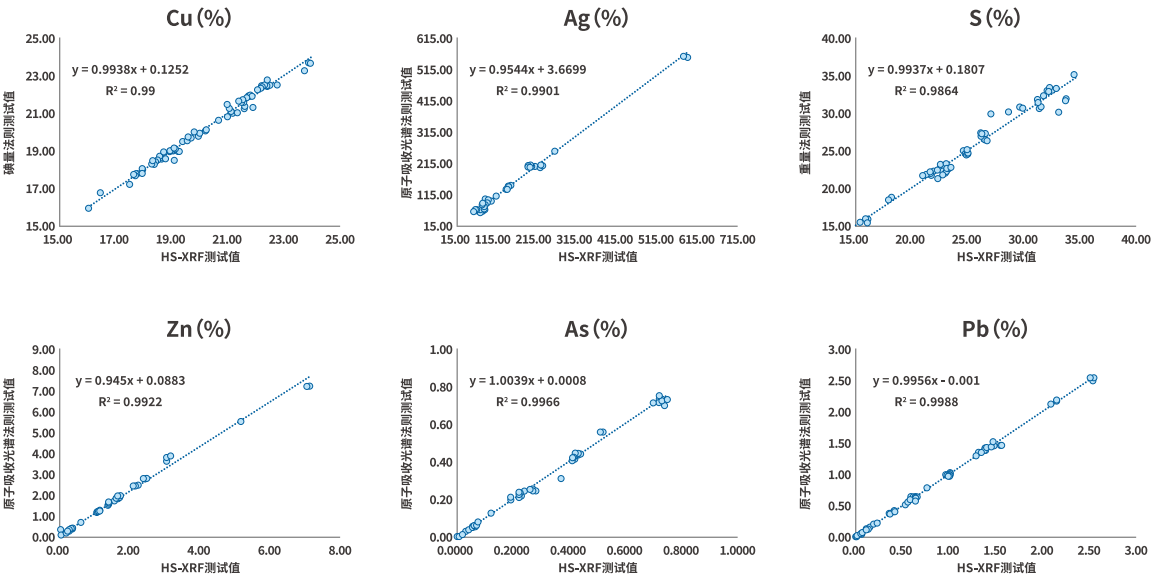
表1 元素校准曲线线性汇总表

元素	范围	线性	元素	范围	线性
Fe	17.78~32.9	0.991	Bi	0.0001~0.41	0.981
MgO	0.14~6.69	0.993	As	0.004~0.81	0.994
CaO	0.45~5.09	0.999	Zn	0.041~8.04	0.998
Al2O3	0.16~4.16	0.990	Sb	0.0001~0.18	0.988
SiO2	1.04~17.27	0.990	Pb	0.01~2.61	0.997
Cl	0.1~0.46	0.997	Ni	0.011~0.36	0.992
Cr	0.02~0.54	0.993			

• 精密度

测试次数	As(%)	Pb(%)	S(%)	Cu(%)	CaO(%)	Cr(%)	Fe(%)	Zn(%)	Ag(%)	Bi(%)	Sb(%)
1	0.0063	0.0166	23.97	21.84	3.629	0.0711	28.00	0.251	0.0062	0.0031	0.0134
2	0.0058	0.0169	23.65	21.91	3.605	0.0681	28.10	0.250	0.0068	0.0029	0.0129
3	0.0065	0.0160	23.25	21.80	3.586	0.0739	28.01	0.248	0.0062	0.0024	0.0133
4	0.0057	0.0172	24.01	21.88	3.640	0.0739	28.14	0.249	0.0065	0.0029	0.013
5	0.0061	0.0167	23.83	21.84	3.645	0.0703	28.09	0.249	0.0064	0.0025	0.013
6	0.0067	0.0162	23.91	21.89	3.642	0.0732	28.14	0.248	0.0070	0.003	0.013
7	0.0060	0.0165	23.64	21.86	3.655	0.0739	28.09	0.251	0.0064	0.0029	0.0131
平均值	0.0061	0.0166	23.61	21.86	3.629	0.0721	28.08	0.249	0.0065	0.0028	0.0131
RSD (%)	5.93	2.44	0.70	0.17	0.68	3.18	0.21	0.46	4.29	9.27	1.39

• 准确度



HS XRF与Fast FP2.0测试值与其它标准分析方法对比

通过大量样品数据的对比，Finecopper1.0测试结果与标准方法具有高度一致性。

特点优势：

准确度高

可控制Cu 绝对偏差<0.3%，其它微量元素相对偏差<15%

分析速度快

单个样品分析时间10分钟内

校准简单

Fast FP2.0仅需要少量样品即可制作校准曲线

长期稳定性

采用探测器反馈控制，硬件长期稳定可靠

矿渣类样品元素含量分析

应用概述：

矿渣是高炉冶炼过程中的副产品，主要由CaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO、MnO、Fe₂O₃等氧化物和少量硫化物组成。做为固废类型的一种，其中的有害元素如S、Cl、Cr、As、Pb、Hg、Cd等都会受到管控，由于矿渣种类繁多，基体复杂，一种快速、准确、适应性广的元素含量检测方法受到越来越多的关注。

安科慧生研制的单波长激发-能量色散X射线荧光光谱仪结合快速基本参数法可以有效提升矿渣样品元素分析精度，同时具备元素分析范围宽、多元素同步分析、算法适应性广等特点。



性能数据：

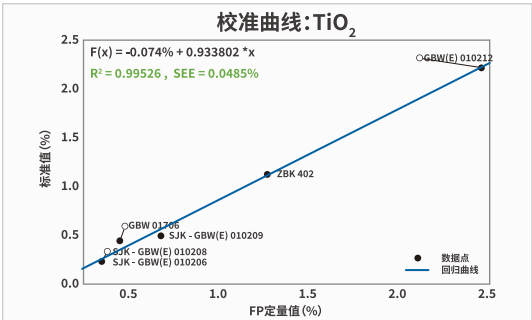
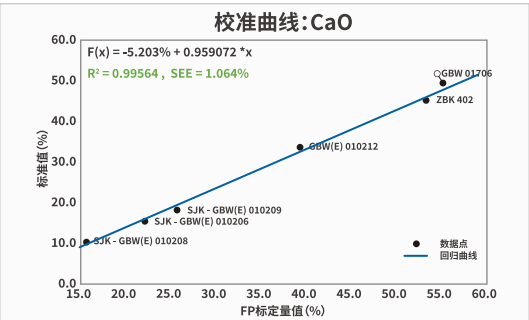
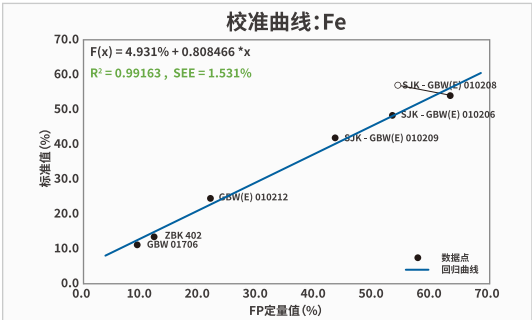
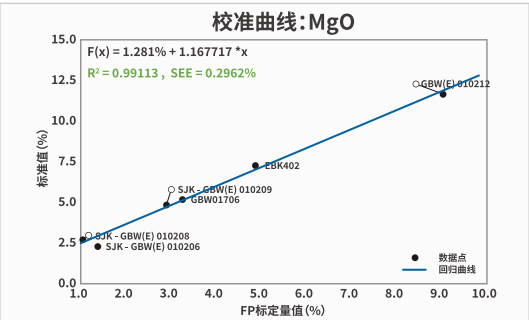
• 应用方法

以矿渣中元素分析性能为例

矿渣应用：Slag1.0。

• 线性

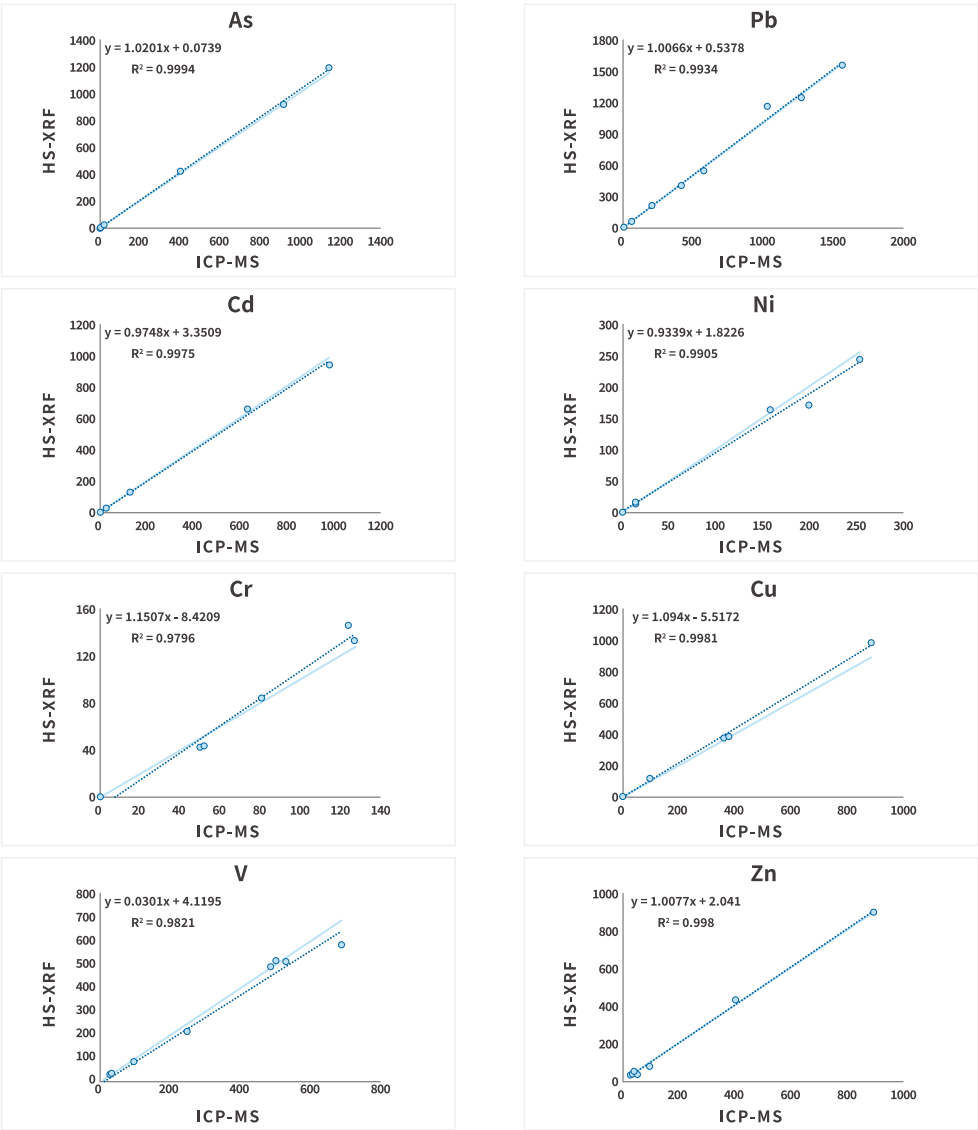
元素类型	元素范围
主量元素	MgO、Al ₂ O ₃ 、CaO、SiO ₂ 、Fe ₂ O ₃ 、SO ₃
杂质元素	F、Cl、Cu、Mn、Cr、As、Hg、Zn、Sn、Sb、Pb、Ni、Cd、Ti、Mo、Co、V等



矿渣中部分主量元素含量校准曲线

• 准确度

单位: mg/kg



矿渣微量元素测试值与ICP-MS定值一致性对比图

通过十几个各种类型矿渣样品分析，HS XRF与Fast FP2.0测试值与ICP MS测试值之间线性关系，接近于Y=X（45°角）完全一致性直线，表明实际样品测试结果与ICP MS方法具有较高一致性。

特点优势：

适应范围广

可应对矿产冶炼产生的各种矿渣类型

制样简单

样品破碎研磨至80目以上，装杯即可

元素范围宽

从主量元素到微量元素，一次性分析几十个元素

校准简单

Fast FP2.0仅需要少量样品即可建立校准曲线

高纯金属（合金）分析



应用概述：

高纯金属是现代多种高新技术的综合产物，广泛应用于半导体材料、靶材、航天材料、薄膜镀层等行业，高纯金属的杂质含量通常为ppm级别。高纯合金由2种以上金属组成，其杂质含量极低。针对高纯金属（合金）的分析采用ICP MS等手段，需要破坏样品，处理复杂。XRF是分析高纯金属（合金）杂质含量的方法之一，单波长X射线荧光光谱仪能够胜任分析2N-5N的高纯金属以及高纯合金，领先的快速基本参数法，即使在欠缺标准样品情况下，也可对杂质元素准确定量。

性能数据：

• 铝合金杂质元素分析

表1： 铝合金杂质元素准确度分析

样品名称		Mg(%)	Si(%)	Fe(%)	Cu(%)	Mn(%)	Zn(%)	Ti(%)	Cr(%)	Ni(%)
GSB04-1542-	标准值	0.562	0.507	0.167	0.101	0.0950	0.0230	0.0250	0.0490	0.0009
2003-SDY001	FP计算值	0.492	0.566	0.180	0.0994	0.0891	0.0221	0.0242	0.0449	0.0009
GSB04-1542-	标准值	1.140	0.102	0.492	0.0260	0.0400	0.195	0.0083	0.140	0.0010
2003-SDY003	FP计算值	1.060	0.197	0.487	0.0246	0.0378	0.204	0.0078	0.134	0.0010
GSB04-1542-	标准值	0.380	0.675	0.0660	0.140	0.238	0.134	0.198	0.0910	0.0010
2003-SDY005	FP计算值	0.451	0.658	0.0603	0.134	0.219	0.131	0.186	0.0861	0.0010

表2： 铝合金精密度数据

测定次数	Al(%)	Mg(%)	Si(%)	Fe(%)	Cu(%)	Mn(%)	Zn(%)	Ti(%)	Cr(%)	Ni(%)
SDY001-1	98.81	0.575	0.557	0.180	0.100	0.0892	0.0221	0.0239	0.0440	0.0015
SDY001-2	98.83	0.552	0.567	0.181	0.0999	0.0886	0.0223	0.0244	0.0446	0.0009
SDY001-3	98.84	0.516	0.588	0.183	0.0997	0.0895	0.0224	0.0240	0.0452	0.0009
SDY001-4	98.87	0.472	0.584	0.182	0.0997	0.0885	0.0223	0.0233	0.0443	0.0011
SDY001-5	98.83	0.500	0.597	0.182	0.0988	0.0894	0.0221	0.0234	0.0445	0.0009
SDY001-6	98.79	0.577	0.567	0.181	0.0985	0.0875	0.0220	0.0239	0.0437	0.0011
SDY001-7	98.82	0.493	0.674	0.184	0.1003	0.0895	0.0225	0.0240	0.0450	0.0009
平均值	98.83	0.526	0.590	0.182	0.100	0.089	0.022	0.024	0.044	0.0010
标准值	98.5	0.562	0.507	0.167	0.101	0.095	0.023	0.025	0.049	0.0009
RSD	0.03%	8.0%	6.7%	0.7%	0.7%	0.8%	0.7%	1.5%	1.1%	20.4%

• 铜合金元素含量分析

表3： 铜合金元素准确性数据汇总

Sample ID	Cu(%)	Zn(%)	Pb(%)	Bi(%)	Ni(ppm)
GBW(E)020201-H62标准值	61.58	38.34	0.0046	0.0001	5
FP计算值	61.21	38.66	0.0057	0.0007	13.09
GBW(E)020201-H59标准值	58.57	39.44	1.64	0.0061	280
FP计算值	57.99	39.73	1.598	0.0103	239.1

• 高纯金分析

表4： 高纯金样品测试数据

样品名称	Au(%)	Zn(ppm)	Ga(ppm)	Pb(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Ag(ppm)	Cd(ppm)
Au-99.99	99.95	113.1	170.8	16.50	21.36	12.90	27.29	115.3

注：采购标识为999.9（4N）金首饰，PHECDA-PRO，分析时间300秒。

特点优势：

操作简单

保证测试面干净、平整即可

分析速度快

单个样品分析时间3~10分钟

应用范围宽

Fast FP2.0针对不同高纯金属与合金样品快速建立分析方法

无标定量与校正

Fast FP2.0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

稀土元素含量快速分析

应用概述：

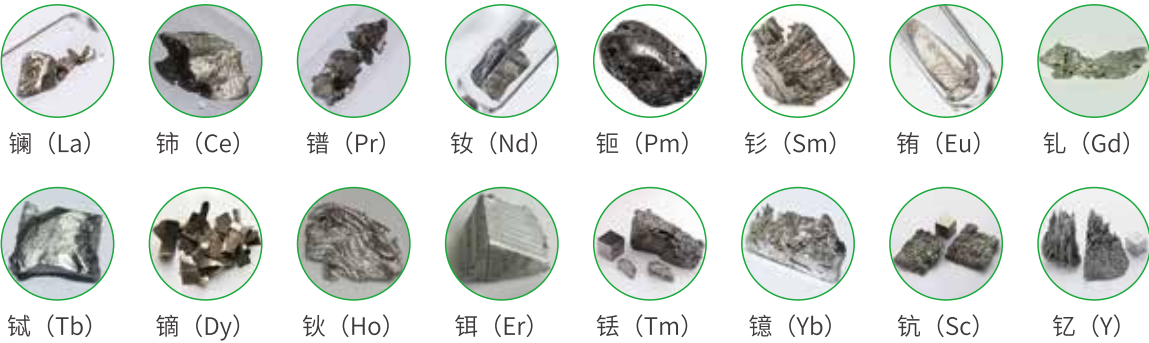
稀土有“工业黄金”之称，在军事、冶金、石油化工、电子材料、玻璃陶瓷等领域有着极其重要的应用价值。在稀土探矿、开采、选矿、加工以及贸易过程中，稀土元素含量的测定贯穿其中，稀土元素共有17种，由于大多在元素序数上相邻，物理化学性质十分接近，从而为各类光谱的检测方法带来挑战。常规检测稀土中元素含量的方法有ICP-AES、ICP-MS等，需要对稀土矿物或产品进行湿法消解，分析周期长、检测成本高。

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对于分析稀土元素含量的挑战难以被攻克，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，软件采用经验系数法定量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快速基本参数法，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射线荧光光谱与快速基本参数法的结合，为稀土元素的检测带来新的分析手段！

性能数据：

- 分析方法：RareEarth1.0
- 元素范围：稀土元素（或氧化物）



无机元素及氧化物：

MgO；Al₂O₃；SiO₂；P₂O₅；S；Cl；K₂O；CaO；TiO₂；MnO；Fe₂O₃；CuO；ZnO；Th；Pb；Cs₂O；Rb₂O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

• 精密度

表1 轻稀土元素重复性数据汇总

样品名称	测定次数	La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₆ O ₁₁	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃
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2 重稀土元素重复性数据汇总

样品名称	测定次数	Tb ₄ O ₇	Dy ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Tm ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Sc ₂ O ₃
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%

• 分析精度

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：

标样	GBW 07158	GBW 07159	GBW 07160	GBW 07161
标准值ΣRExOy(%)	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
破碎、研磨等均匀性处理至80目以上

分析速度快
样品分析时间10分钟以内

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