

让我们提供：更好的产品，更好的服务！



# DM 2400

## MEDXRF 轻元素光谱仪

全球最低检测限(300s):

Si: 0.5ppm, P: 0.25ppm,

**S: 0.12ppm**, Cl: 0.08ppm

满足国V、国VI对车  
用汽柴油超低S检测  
的要求

### 采用

单色激发能量色散X射线  
荧光(MEDXRF)分析技术

高衍射效率对数螺线旋转  
双曲面(LSDCC)人工晶体

高计数率(2Mcps)和分辨  
率(123eV)的SDD探测器

最佳kV、mA、靶材组合  
的微焦斑薄铍窗X射线管

### 符合标准：

GB/T 11140	ISO20884
ASTM D2622	ASTM D7039
ASTM D7220	ASTM D7757
ASTM D7536	ISO 15597
ASTM D6481	



上海爱斯特电子有限公司  
SHANGHAI EAST ELECTRONIC CO., LTD.

**DM2400 型单色激发能量色散 X 射线荧光轻元素 (Si、P、S、Cl) 光谱仪**, 简称 **DM2400 型 MEDXRF 轻元素光谱仪**, 是本公司集数十年 X 荧光光谱仪的研究经验, 在公司原有的 DM 系列 X 荧光测硫仪、X 荧光多元素分析仪、波长色散 X 射线荧光多道光谱仪等的基础上研制推出的一种达到国际领先水平的 XRF 光谱仪。它采用以下技术和器件, 使采用 50W 光管的能谱仪 DM2400 具有出色的再现性和稳定性, 达到世界最低检出限, 实已将现代科技发挥到极致。

## 单色激发能量色散 X 射线荧光 (MEDXRF) 分析技术

X 射线荧光光谱仪的检出限 LOD(limit of detection)是指由基质空白所产生的仪器背景信号标准偏差的 3 倍值的相应量, 即:

$$C_{LD} = \frac{3C}{N - R_b} \sqrt{R_b / T} \quad (1)$$

式中,  $R_b$  为背景(本底)计数强度,  $N$  为已知浓度为  $C$  的低浓度试样的计数强度,  $T$  为测量时间。从式(1)可以看出检出限与灵敏度  $(N - R_b) / C$  成反比, 与背景  $R_b$  的平方根成正比。在测量时间一定的情况下要降低检出限, 就必须提高灵敏度和(或)降低背景。

传统 XRF, 无论是 EDXRF 还是 WDXRF, 无法实现较低检出限的一个主要原因是 X 射线光管出射谱中连续韧致辐射的散射使得荧光光谱的连续散射背景较高。

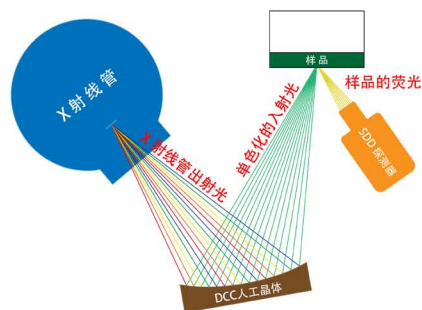


图 1. MEDXRF 分析技术原理图

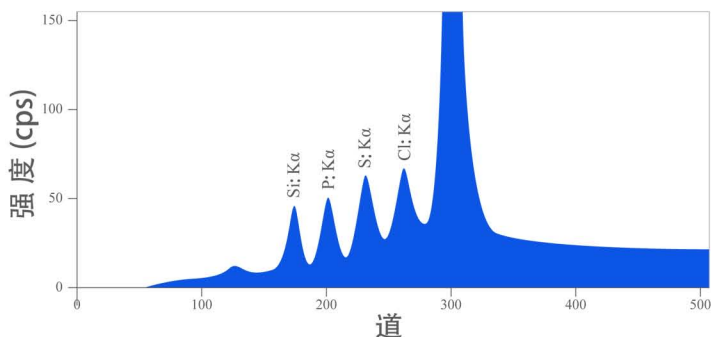


图 2. 样品的 XRF 光谱图

单色激发能量色散 X 射线荧光 (Monochromatic Excitation Beam Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) 分析技术, 就是采用光学器件将 X 射线光管出射谱单色化, 进而使得荧光光谱的连续散射背景极大地降低, 同时尽可能少的降低甚至于可能的话增加所需激发 X 射线的单色化的线或窄能量带的强度, 从而大大降低了检出限。相比传统的 EDXRF 降低了 1 至 2 个数量级, 相比大功率(如 4kw)的 WDXRF 也要低得多。

## 最佳 kV、mA、靶材组合的微焦斑薄铍窗 X 射线管

激发样品的 X 射线能量越接近所需分析元素的吸收限, 其激发效率就越高。DM30L 晶体仅衍射 X 射线管出射谱中的高强度特征 X 射线, 其有靶材发出。所以合理的选用靶材能得到最高的激发效率。DM2400 标准型由于可测量 Cl 以下的元素, 所以选择 Ag 作为靶材。

选定靶材后, 在 X 射线光管最大功率一定的情况下, 如 50W, 合理的光管高压 (kV) 和电流 (mA) 组合能达到最大的激发效率。由于采用点对点的聚焦, 所以必须采用微焦斑的 X 光管。由于靶材的特征 X 射线能量很低, 所以必须用薄铍窗 X 射线管。

DM2400 采用 50W 微焦斑薄铍窗 X 射线管, 标准型选用 Ag 靶, 并对 kV、mA 进行最佳组合。



图 3. 微焦斑薄铍窗 X 射线管

## 高衍射效率对数螺线旋转点对点聚焦人工单色晶体

将 X 射线光管出射谱单色化的方法很多，有滤波片法，二次靶法和衍射法等。而衍射法中的双曲面衍射晶体 DCC (Doubly Curved Crystals) 是单色化最好和效率最高的。

衍射必须满足 Bragg 定律：

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (2)$$

也就是说从源出射的射线其波长必须满足(2)式才被衍射，所以其具有极好的单色化。又由于 DCC 能将点源聚焦，所以有大的收集立体角，从而有极高的效率。另外，聚焦还能使照射到样品的光斑很小，从而使小面积的半导体探测器 Si-PIN 或 SDD 可以接受大部分样品较小面中的荧光射线，也就是说 DCC 还提高了探测效率。

DCC 按其曲面又分为半聚焦 (Johann)，全聚焦 (Johansson) 和对数螺线 (Logarithmic Spiral) 等。其中半聚焦只是部分满足衍射条件，所以经半聚焦 DCC 单色化的特征 X 射线入射谱是最差的。全聚焦是完全满足衍射条件且是点对点聚焦的。但全聚焦 DCC 的制造工艺极其复杂，除弯曲外它必须有一个磨成 R 曲面的过程，天然晶体如 Si, Ge 等是很脆的，极不容易磨制，而人工晶体是不可能磨制的，另外天然晶体通常在非常窄的光谱区域中衍射 X 射线。导致靶材特征 X 射线只有一部分被衍射，积分衍射率低。

DM2400 采用的对数螺线旋转双曲面人工晶体 DM30L，是集本公司技术精英经 2 年的刻苦专研研制而成的专利产品。对数螺线 DCC 也是完全满足衍射条件的，虽然聚焦不是点对点的，而是点对面的，但由于这个面很小，一般只有 2mm 左右，所以可认为是点对点的。它用的是 DM 人工晶体，该晶体的积分衍射率是天然晶体的 3 到 10 倍，所以该晶体的效率是目前世界上最高的。另外，它只需弯曲无需磨制和拼接，制造方便。

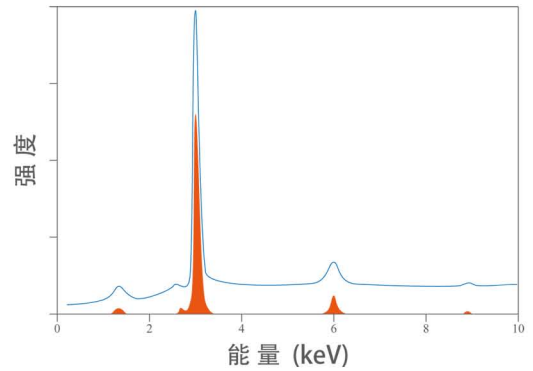


图 4. — X 射线管的出射谱  
— 经 LSDCC 单色化的特征 X 射线入射谱

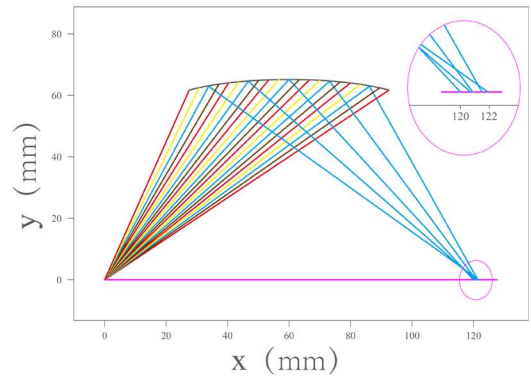


图 5. LSDCC 点对点聚焦原理图



### 高分辨率 (123eV) 高计数率 (2 Mcps) 的 SDD 探测器

图 6. 硅漂移探测器 SDD

X 射线探测器的种类有很多，有正比计数管，Si-PIN 探测器和硅漂移探测器 SDD 等。探测器的分辨率以全能峰的半宽度表示，全能峰的净计数与半宽度无关，但其背景计数与半宽度成正比，所以分辨率越高则检出限越低。正比计数管的半宽度是半导体探测器的 8 倍左右，所以检出限高 8 的平方根倍左右。Si-PIN 的分辨率比 SDD 的稍差，且其高计数率下分辨率急剧下降，所以 SDD 是最好的探测器。

DM2400 采用德国 KETEK 公司生产的 VITUS H20 CUBE(最高级)SDD 探测器，其分辨率小于 123eV，有效探测面积 20mm<sup>2</sup>，计数率 2 Mcps。



## 特点

- 快速同时** —— 所需测量元素同时快速分析, 一般几十秒给出含量结果。
- 低检出限** —— 采用先进 MEDXRF 技术, LSDCC 核心技术, 达到全球最低检出限。具极高的重现性和再现性。
- 长期稳定** —— 采用可变增益数字多道, 有 PHA 自动调整、漂移校正、偏差修正等功能, 具极好的长期稳定性。
- 环保节能** —— 射线防护达豁免要求。分析时不接触不破坏样品, 无污染, 无需化学试剂, 也不需要燃烧。
- 使用方便** —— 触摸屏操作。样品直接装入样品杯, 放入仪器后只需按 [ 启动 ] 键即可, 真正实现一键操作。
- 高可靠性** —— 一体化设计, 集成化程度高, 环境适应能力强, 抗干扰能力强, 可靠性高。
- 高性价比** —— 无需钢瓶气体, 运行维护成本极低。价格为国外同类产品的一半。是真正的高性价比产品。

## 准确度

为了进一步测试分析的准确性, 制备了具有不同硫含量的柴油和轻质油的五个样品, 每个样品装入两个不同的样品杯中进行 S 准确度试验:

表 1. 用五个未知样品测定 S 分析的准确度结果

样品	标称值 (ppm)	1号样品杯 (ppm)	2号样品杯 (ppm)
柴油 5	5	4.91	4.82
柴油 3	3	3.02	3.05
汽油 2	2	2.12	2.00
汽油 10	10	10.8	10.2
汽油 25	25	24.5	25.2

表 1 示出了获得的浓度结果(ppm), 以及与标称值的比较。这些结果表示在低浓度水平下, 用 DM2400 光谱仪可以实现 S 的优异的准确度。

## 精确度

对三种, 每种各装入七个不同样品杯的汽油样品进行 S 重复性试验:

表 2. 用五个未知样品测定 S 分析的准确度结果

样品杯号	第1种样品 (ppm)	第2种样品 (ppm)	第3种样品 (ppm)
1	1.15	5.31	10.32
2	1.08	4.92	9.89
3	0.90	5.05	10.11
4	0.93	4.78	9.67
5	1.01	4.88	9.51
6	1.03	5.16	9.90
7	0.97	5.26	9.81
平均值	1.01	5.05	9.89
标准偏差	0.086	0.201	0.269
RSD	8.6%	4.00%	2.69%

这些结果表示在低浓度水平下, 用 DM2400 光谱仪可以实现 S 的优异的重复性。

## 标定

用已知含量的 7 个含 Si、P、S、Cl 样品对仪器进行标定, 得图 7 的工作曲线。

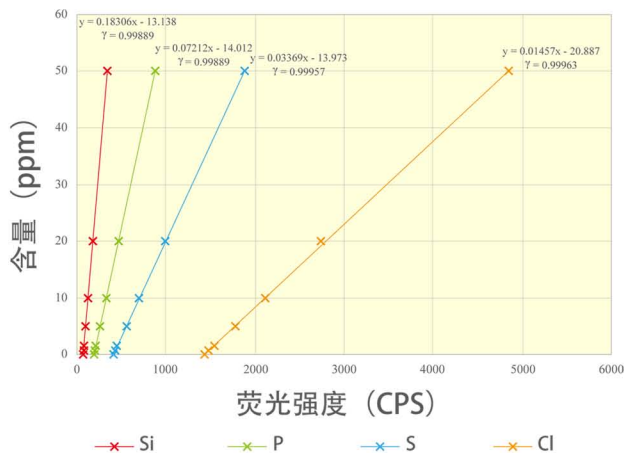


图 7. 含 Si、P、S、Cl 样品工作曲线

这些工作曲线的相关系数  $r$  均大于 0.999, 表示 DM2400 光谱仪的线性误差极小。

## 适用范围

适用于炼油厂、检测及认证机构、油库、实验室测量范围从 0.5ppm 到 10% 的各种油品 (如汽油、柴油、重油、残渣燃料油等)、添加剂、含添加剂润滑油、以及炼化过程中的产品。

亦适用于各行各业任何材料中 Cl 以下元素的同时测量。

## 主要技术指标

测量元素	Si、P、S、Cl (可选择B~Cl中的任意元素组合)
X射线管	电压: $\leq 50\text{keV}$ , 电流: $\leq 2\text{mA}$ , 功率 $\leq 50\text{W}$ , 靶材: Ag (Mo、Rh、Pd、Cr等可选)
探测器	SDD, 有效面积: $20\text{mm}^2$ , 分辨率: $\geq 123\text{eV}$ , 计数率: $\leq 2\text{Mcps}$ , 入射窗: $8\mu\text{m}$ 铍 (AP3.3可选)
检测限(300s)	Si: 0.9ppm, P: 0.4ppm, S: 0.18ppm, Cl: 0.1ppm (标准型, 1块LSDCC晶体) Si: 0.5ppm, P: 0.25ppm, S: 0.12ppm, Cl: 0.08ppm (增强型, 3块LSDCC晶体)
测量范围	检测限的3倍~9.99%
线性误差 分析精度	测S: 满足GB/T 11140, ISO20884, SH/T 0842, ASTM D2622、D7039、D7220等的相关要求。 测Si: 满足ASTM D7757, SH/T 0706, SH/T 0058等的相关要求。测Cl: 满足ASTM D7536, ISO 15597, SH/T 0161等的相关要求。测P: 满足ASTM D6481, SH/T 0296, SH/T 0631等的相关要求。
系统分析时间	1~999s, 推荐值: 微量测量为300s, 常量测量为60s
使用条件	环境温度: $5\sim 40^\circ\text{C}$ , 相对湿度: $\leq 85\%$ ( $30^\circ\text{C}$ ), 供电电源: $220\text{V} \pm 20\text{V}$ , 50Hz, $\leq 200\text{W}$
测量氛围	自充气系统或氦气
尺寸及重量	$330\text{mm} \times 460\text{mm} \times 350\text{mm}$ , 25kg

注: 如用户认为标准型的 DM2400 不能满足要求, 可向本公司提出, 本公司可尽可能满足用户的要求。如要求更低的检测限, 本公司可将晶体从 1 块增加到 3 块以降低检测限为原来的  $1/\sqrt{3}$ 。如要求测量 F 以下原子序数的元素, 本公司可为用户选择 AP3.3 入射窗的 SDD。如用户要在高 S 的基体下测微量 Al 和 Si, 本公司可将标准型的 Ag 靶改为 Mo 靶, 以满足用户要求。

## 公司其它同类产品

DM 8116 型  
MWDXRF 微量测硫仪



DM1262 型  
EDXRF 便携式测硫仪



DM1260 型  
X 荧光测硫仪



DM8000 型  
WDXRF 多道光谱仪





让我们提供  
更好的产品，更好的服务

## 公司简介

上海爱斯特电子有限公司主要从事各种电子仪器特别是 X 射线荧光分析 (XRF) 仪器的研发和生产。公司位于人杰地灵的金山区, 在 G1501 亭枫公路出口旁, 公司占地 12 亩, 厂房面积 7500 平方米, 固定资产近亿元。公司骨干源于核工业部国营 263 厂, 为具有数十年 XRF 仪器研制经验的高级技术人员, 公司员工 80% 以上为具有本科以上学历的工程技术人员, 具有雄厚的实力。公司自 1992 年成立以来, 已生产 DM 系列 X 荧光硫钙铁分析仪、测硫仪、EDXRF 多元素分析仪、WDXRF 光谱仪等一万多台, 用户遍布全国各地, 全国有 60% 以上的水泥厂已使用本公司的分析仪, 在销售数量上取得了国内外生产 X 荧光分析仪的企业从未有过的辉煌, 成为在国内外生产钙铁分析仪 (X 荧光分析仪的一种) 最多的企业。公司每年的科技投入占销售额的 15% 以上, 大部分仪器为专利产品, 其中 DM2100 型 X 荧光多元素分析仪被认定为上海市高新技术成果转化项目, 并获上海市科技创新基金和国家发明专利。目前公司涉足建材、冶金、石油、化工、地质、矿山、电子电气、食品机械、环境保护等多个领域。



地址：上海市金山区朱泾工业  
区中发路169号

邮编：201500

电话(总机)：021-64851191

电话(直线)：021-54500549

021-64850549

电话(手机)：13501637167

eastsc@163.com

www.eastcc.com.cn