

让我们提供：更好的产品，更好的服务！



# DM 2402

## MEDXRF 便携式微量测硫氯仪

低检测限 (300s) (大气) :

**S: 0.5ppm, Cl: 0.3ppm**

仅**5.2kg** (含电池、打印机)。

满足**国V、国VI**对车用汽柴油超低S检测标准。满足**内河、近海**以及远洋船舶使用的燃料油超低S检测标准。

### 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、高分辨率、高透过率(石墨窗)**SDD**探测器

电压、电流、靶材完美组合的**微焦斑**薄铍窗X射线管源

### 符合标准：

GB 252	ASTM D7220
GB 17411	ASTM D7039
GB/T 17040	ASTM D4929
ISO 20884	SH/T 0842
ISO 15597	SH/T 0161



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

**DM2402 MEDXRF 便携式微量测硫氯仪**，详称 DM2402 单色激发能量色散 X 射线荧光便携式微量测硫氯光谱仪。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 X 荧光便携式微量测硫氯光谱仪。它采用以下技术和器件，实现靶材特征谱单色聚焦选择性激发，降低背景干扰，提高峰背比；并且采用具有本公司自主知识产权的轻元素专用的光学系统及独有的技术。由此使采用 15W 光管的本测硫氯仪能够在大气氛围中以 0.5ppm、0.3ppm 的低检测限，出色的再现性和稳定性，完全自如的实现微量硫、氯的检测。

**DM2402 MEDXRF 便携式微量测硫氯仪**是一款便携式仪器。它小巧轻便，仅 5.2kg(含电池、打印机)左右，便于携带，无需气体、真空、稀释，特别适合现场快速检测分析。它完全满足目前用于国 V、国 VI 汽油、柴油中对硫氯元素含量的检测标准，亦满足内河、近海以及远洋船舶使用的燃料油硫含量检测标准。如：测 S：满足 GB 252、GB17411、GB/T11140、ASTM D7220、ASTM D7039、SH/T0842、ISO20884 等标准；测 Cl：满足 SH/T 0161、ASTM D4929、ISO15597 等标准。

## 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轫致辐射的散射使得荧光光谱的连续散射背景较高。

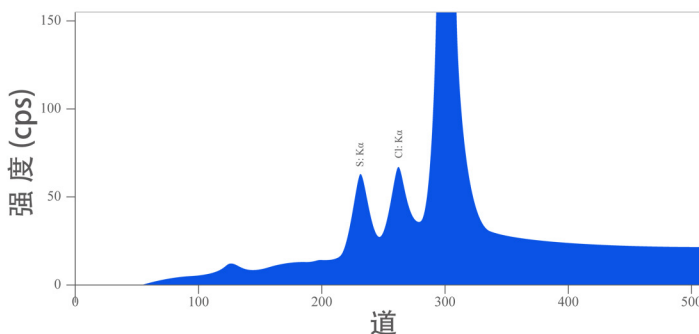


图 2. 样品的 XRF 光谱图

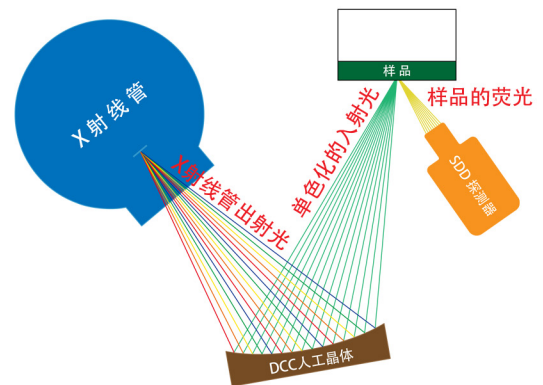


图 1. MEDXRF 分析技术原理图

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。

## 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。

DM2402 采用的对数螺线旋转双曲面人工晶体 (LSDCC) (Logarithmic Spiral Double Curved Crystal) 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。LSDCC 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。

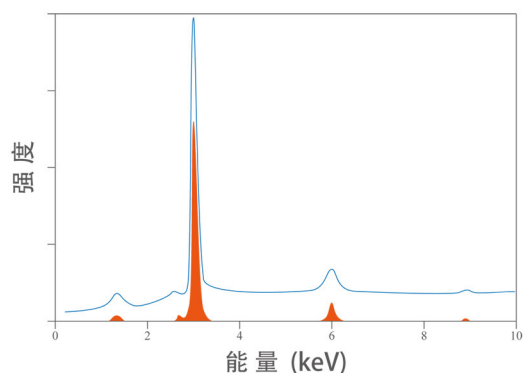


图 3. — X 射线管的出射谱  
— 经 LSDCC 单色化的特征 X 射线入射谱

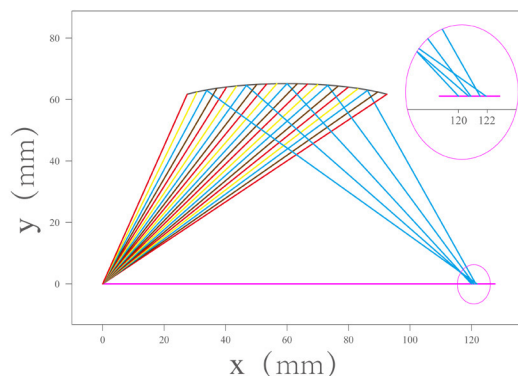


图 4. LSDCC 点对点聚焦原理图

## 合理 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。在 X 射线光管最大功率一定的情况下，如 15W，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。

DM2402 采用 15W 微焦斑 Ti 或 Ag 靶薄铍窗 X 射线管，并对 kV、mA 进行最佳组合。



图 6. 微焦斑薄铍窗 X 射线管

## 高分辨率 (129eV) 高计数率 (2 Mcps) 的 SDD 探测器



图 5. 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。探测器的分辨率和计数率越高则检出限越低。SDD 的分辨率和计数率是其中最高的,所以 SDD 是最好的探测器。

DM2402 采用德国 KETEK 公司生产的 VITUS H2O CUBE(最高级)SDD 探测器,其分辨率小于 129eV,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,一般几分钟给出含量结果。
- 小巧轻便** —— 仅 5.2kg(含电池、打印机)左右,大气氛围测量,无需辅助设备,特别适合现场快速检测。
- 长续用时** —— 具有极低的功耗,采用锂离子电池,可长时间连续使用。
- 低检出限** —— 采用 MEDXRF 技术和 LSDCC 核心技术,达到低检出限,具出色的重复性和再现性。
- 长期稳定** —— 采用数字多道,有 PHA 自动调整、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。
- 高适应性** —— 自动 C/H 比修正,基体效应校正,适合多种样品。自动工作曲线切换,适合宽测量范围。
- 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** —— 无需气体、真空、稀释,运行维护成本极低。国外同类产品一半的价格,是真正的高性价比产品。

### 校准

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

这些工作曲线的相关系数  $\gamma$  均大于 0.999,表示 DM2402 的线性误差极小。

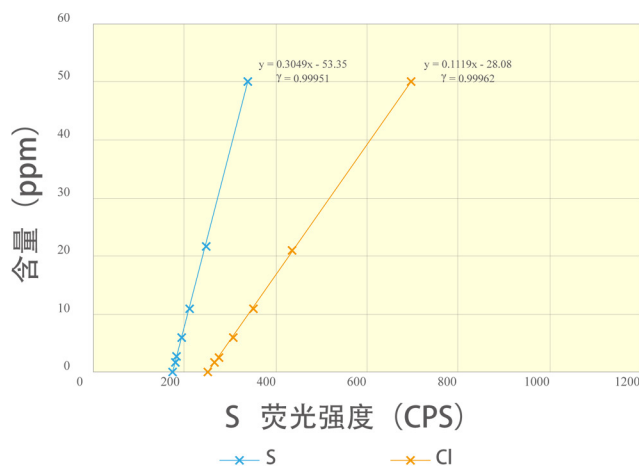


图 7. 含 S、Cl 样品工作曲线

### 适用范围

适用于对汽柴油、燃料油等油品中的微量硫氯含量进行现场快速检测分析。如对车用汽柴油,船用柴油、燃料油和流通环节的汽柴油、燃料油的微量硫氯检测。

亦适用于炼油厂、检测及认证机构、油库、实验室的各种油品、添加剂、含添加剂润滑油,如汽油、柴油、重油、残渣燃料油以及炼化过程中的产品的微量硫氯检测。

亦适用于水溶液中的氯及各行各业任何材料中 S、Cl 元素的同时测量。

## 重复性 (r)

同一个操作者, 在同一个实验室, 使用同一台 DM2402, 在相同条件下对同一试样采用正确的操作方法连续进行测定, 得到的两个试验结果之差, 20 个中第二大的那个即为测试结果的重复性 r。S 测试结果的重复性 r 和 CI 测试结果的重复性 r 分别如表 1 和表 2。

由表 1 和表 2 可知, 所有 S 和 CI 测试结果的重复性 r 均小于表中标准所要求的重复性 r。表示 DM2402 测 S 完全满足 ISO20884, ASTM D7039, ASTM D7220 等标准有关重复性 r 的要求; 测 CI 完全满足 ASTM D4929、ISO15597 等标准有关重复性 r 的要求。

表 1. S 测试结果的重复性 r 再现性 R 与各标准要求的重复性 r 再现性 R 比较

S浓度	DM2402 测试结果(300s)		ASTM D7039 要求		ASTM D7220 要求		ISO 20884 要求		结论
	标称值 (ppm)	重复性r (ppm)	再现性R (ppm)	重复性r (ppm)	再现性R (ppm)	重复性r (ppm)	再现性R (ppm)	重复性r (ppm)	
3	0.7	1.2	0.9	1.4	1.1	1.9			满足
5	0.9	1.5	1.2	1.8	1.4	2.5	1.8	2.5	满足
10	1.3	2.2	1.7	2.6	2.1	3.5	1.9	3.1	满足
25	1.8	3.5	2.8	4.2	3.3	5.6	2.3	4.9	满足
50	2.4	5.3	4.1	6.1	4.6	8.0	2.9	7.9	满足
100	3.2	7.5	6	9	6.5	11.3	4.0	12.1	满足

表 2. CI 测试结果的重复性 r 再现性 R 与各标准要求的重复性 r 再现性 R 比较

CI浓度	DM2402 测试结果(300s)		ASTM D4929 要求		ISO 15597 要求		结论
	标称值 (ppm)	重复性r (ppm)	再现性R (ppm)	重复性r (ppm)	再现性R (ppm)	重复性r (ppm)	
1.00	0.5	1.2	0.6	1.5			满足
2.00	0.6	1.6	0.8	2.0			满足
5.00	0.9	2.4	1.2	3.0	1.5	3	满足
7.00	1.0	2.5	1.4	3.5	1.5	3	满足
10.0	1.1	2.6	1.6	4.1	1.5	3	满足

## 再现性 (R)

不同的操作者, 在不同的实验室, 使用不同 DM2402, 对同一试样采用正确的操作方法进行测定, 得到两个单一和独立的试验结果之差, 20 个中第二大的那个即为测试结果的再现性 R。S 测试结果的再现性 R 和 CI 测试结果的再现性 R 分别如表 1 和表 2。

由表 1 和表 2 可知, 所有 S 和 CI 测试结果的再现性 R 均小于表中标准所要求的再现性 R。表示 DM2402, 测 S 完全满足 ISO20884, ASTM D7039, ASTM D7220 等标准有关再现性 R 的要求; 测 CI 完全满足 ASTM D4929、SO15597 等标准有关再现性 R 的要求。

## 主要技术指标

测量元素	S、Cl
测量氛围	大气
X射线管	电压: $\leq 25\text{keV}$ , 电流: $\leq 1.0\text{mA}$ , 功率 $\leq 15\text{W}$
探测器	SDD, 有效面积: $20\text{mm}^2$ , 分辨率: $\geq 129\text{eV}$ , 计数率: $\leq 2\text{Mcps}$ , 入射窗: 石墨烯
检测限(300s)	S: $0.5\text{ppm}$ , Cl: $0.3\text{ppm}$
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 252、GB17411、GB/T17040、ASTM D7220、ASTM D7039、SH/T0842、ISO20884等的相关要求。测Cl: 满足SH/T 0161、ASTM D4929、ISO15597等的相关要求。
系统分析时间	1~999s, 推荐值: 微量测量为300s或600s, 常量测量为60s
使用环境	温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度 $\leq 95\%$ ( $35^{\circ}\text{C}$ )
供电电源	20.8Ah、11.1V内置锂离子电池组, 在测量状态下能够工作5小时
整机功耗	$\leq 50\text{W}$
尺寸及重量	270mm (W) $\times$ 320mm (D) $\times$ 174mm (H), 5.2kg (含电池、打印机)

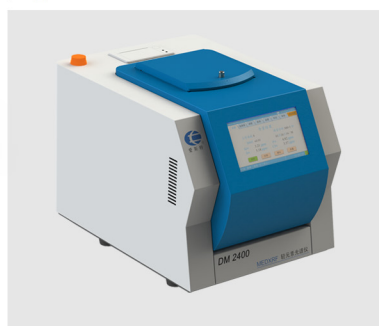
## 公司其它同类产品

DM1262 型  
EDXRF 便携式测硫仪

DM2400 型  
MEDXRF 轻元素光谱仪

DM 2500 型  
MMEDXRF 轻中元素光谱仪

DM1260 型  
X 荧光测硫仪



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 G1503 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 XRF 硫钙铁分析仪、XRF 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。其中, XRF 硫钙铁分析仪的市场占有率达到 80% 以上, XRF 测硫仪的市场占有率也达到了 50% 以上, 是全国生产这二种仪器最多的企业。目前公司还涉足冶金、化工、地质、矿山、电子电气、食品机械等多个行业。公司每年的科技投入占销售额的 20% 以上。公司产品无论技术、质量、市场占有率均居国内领先地位, 部分产品达到甚至超过国外同类产品。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。获国家发明专利二项 (①专利名称: X 荧光多元素分析仪, 专利号: ZL 200610025556.1。②专利名称: 单色激发能量色散 X 射线荧光 (MEDXRF) 光谱仪, 专利号: ZL 201811272585.7)

地址: 上海市金山区朱泾工业  
区中发路169号  
邮编: 201500  
传真: 021-57348305  
电话(总机): 021-64851191  
电话(直线): 021-54500549  
021-64850549  
电话(手机): 13501637167  
eastsc@163.com  
www.instrument.com.cn/net  
show/SH100738  
www.eastcc.com.cn