

### PM2.5 微粒子及空气悬浮物中重金属污染的分析 XRF Analysis of PM2.5 and harmful element in suspended matter

**摘要：**可见的污染并不十分可怕，最可怕的是在不知不觉中就受到污染。PM2.5 是指颗粒物直径小于 2.5 $\mu\text{m}$  的极微小的颗粒物。这些颗粒物悬浮在空气中随风飘动，在人的呼吸过程中通过人的呼吸器官进入肺中，直接影响呼吸系统的机能。如果再含有一些重金属污染那对人的危害将非常大。随着生活水平的提高，城市大气质量越来越受到人们的关注。无机重金属是受到监控的大气污染物重要指标之一。大气细粒子中无机元素的定量分析数据为城市大气颗粒物污染源解析提供重要基础数据。波长色散 X-射线荧光分析技术(WD-XRF)由于其分析方法具有样品制备过程简单，样品无需消解，分析速度快，准确度高，被测元素范围广泛的特点，是测定大气颗粒物样品中无机元素的实用技术。

通常人们关注的是可吸入物以及可入肺颗粒物的总量。针对不同元素的毒性不同，我们使用波长色散 X 射线荧光光谱分析法，对颗粒物的组成成分进行分析，更有利于人们对 PM2.5 的了解和预防。



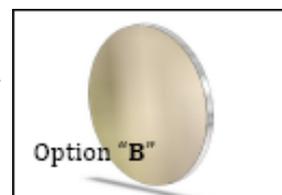
**分析方法：**选用岛津波长色散 X 射线荧光光谱仪 XRF-1800，薄膜分析法，对使用专用采样器采集的滤膜进行分析，得出单位面积上某种元素的附着量信息。

验证用的标样是选自 MICROMATTER™，附着量通过准确的称量和涂覆技术进行测定。通常情况下认证的标准是  $50 \pm 5\% \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。MICROMATTER™ 制作薄膜元素和化合物标样，选用的常见荧光用标样见下表。

元素	Na	P	S	K	Ca	Ti	Cr	As	Zr	Ag
化合物	(NaCl)	(GaP)	(CuS <sub>x</sub> )	(KCl)	(CaF <sub>2</sub> )			(GaAs)	(ZrF <sub>4</sub> )	
元素	Cd	Sn	Sb	Te	Sm	W	Pb	Ba	Ni	
化合物	(CdSe)				(SmF <sub>3</sub> )	(WO <sub>3</sub> )		(BaF <sub>2</sub> )		

标样形状见右图,注意尺寸是 47mm,涂敷面反向环。

采样滤膜应首选 Teflon 膜和 Nuclepore 膜。石英滤膜由于采样时,颗粒深入到滤膜基体中而影响分析结果。由于标样数量有限,本实验采用标样结合纯物质校准灵敏度系数法,再用标样验证相结合的方法。



颗粒物样品各元素测定条件一览表\*

\* X 光管采用端窗 Rh 靶,标准狭缝,视野光阑直径为 30mm。

元素	初级滤光片	分析线	分析晶体	分析电压	分析电流	2θ/(°)		计数时间/s		探测器
						峰值	背景	峰值	背景	
Na	No	Kα	TAP	20	70	55.35		40		FPC
Mg	No	Kα	TAP	20	70	45.30		40		FPC
Al	No	Kα	PET	20	70	144.8		40		FPC
Si	No	Kα	PET	20	70	109.1		40		FPC
S	No	Kα	GE	20	70	110.6		40		FPC
Cl	No	Kα	GE	20	70	92.80		40		FPC
K	No	Kα	GE	20	70	69.90		40		FPC
Ca	No	Kα	GE	20	70	61.95		40		FPC
Sc	No	Kα	GE	30	70	55.35		40		FPC
Ti	No	Kα	LiF	30	70	86.15	85.54	40	20	SC
V	No	Kα	LiF	30	70	76.92	76.43	40	20	SC
Cr	Ti	Kα	LiF	30	70	69.36	68.93	40	20	SC
Mn	No	Kα	LiF	30	70	62.97	63.65	20	20	SC
Fe	No	Kα	LiF	30	70	57.52	57.02	20	10	SC
Co	No	Kα	LiF	30	70	52.80		40		SC
Ni	No	Kα	LiF	30	70	48.66	48.18	20	10	SC
Cu	No	Kα	LiF	30	70	45.02	44.08	20	10	SC
Zn	No	Kα	LiF	30	70	41.80	41.08	20	10	SC
As	Ni	Kα	LiF	40	70	34.00	33.30	20	10	SC
Se	No	Kα	LiF	40	70	31.90	31.30	20	10	SC
Br	No	Kα	LiF	40	70	29.98	29.52	20	10	SC
Sr	No	Kα	LiF	40	70	25.16	24.50	20	10	SC
Cd	Zr	Lα	GE	40	70	74.58	73.0	40	20	PC
Cd	Zr	Kα	LiF	40	70	15.31		40	20	SC
Ba	No	Lβ1	LiF	40	70	79.24	78.16	20	10	SC
Pb	Ni	Lβ1	LiF	40	70	28.26	27.62	40	20	SC



岛津企业管理(中国)有限公司 大型分析仪器部

北京 北京市朝阳区朝外大街16号 中国人寿大厦14F 邮政编码 100020 电话 (010) 8525-2365 传真 (010) 8525-2327  
 上海 上海市淮海西路570号 红坊G栋401-403 邮政编码 200052 电话 (021) 2201-3881 传真 (021) 2201-3800  
 广州 广州市流花路109号之9 达宝广场703-706 室 邮政编码 510010 电话 (020) 8710-8619 传真 (020) 8710-8698

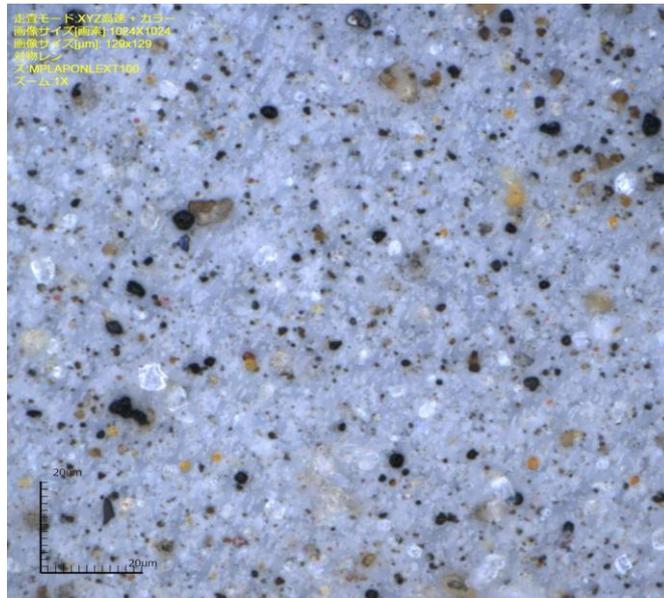
某大学采集样本实测情况例:

元素	附着量	单位	分析法	谱线	净强度	背景
Pb	0.3996	ug/cm2	Quant. -FP	PbLb1	0.114	1.619
Cs	0.0731	ug/cm2	Quant. -FP	CsLa	0.061	1.412
Te	0.007	ug/cm2	Quant. -FP	TeLa	0.011	0.989
In	2.2396	ug/cm2	Quant. -FP	InKa	0.018	0.039
Cd	0.906	ug/cm2	Quant. -FP	CdKa	0.014	0.042
Br	0.1001	ug/cm2	Quant. -FP	BrKa	0.092	1.476
Se	0.0458	ug/cm2	Quant. -FP	SeKa	0.045	1.351
As	0.2416	ug/cm2	Quant. -FP	AsKb	0.042	1.443
Ga	0.0266	ug/cm2	Quant. -FP	GaKa	0.032	0.983
Cu	0.2111	ug/cm2	Quant. -FP	CuKa	0.166	0.561
Ni	0.0683	ug/cm2	Quant. -FP	NiKa	0.082	0.51
Co	0.0209	ug/cm2	Quant. -FP	CoKa	0.028	0.696
Fe	1.0157	ug/cm2	Quant. -FP	FeKa	1.077	0.498
Mn	0.1246	ug/cm2	Quant. -FP	MnKa	0.086	0.369
Cr	0.1303	ug/cm2	Quant. -FP	CrKa	0.083	0.279
V	0.0168	ug/cm2	Quant. -FP	V Ka	0.008	0.199
Ti	0.072	ug/cm2	Quant. -FP	TiKa	0.029	0.15
Ca	1.0496	ug/cm2	Quant. -FP	CaKa	2.49	0.827
K	2.1869	ug/cm2	Quant. -FP	K Ka	6.933	0.801
Cl	1.3716	ug/cm2	Quant. -FP	ClKa	2.217	0.247
S	6.4858	ug/cm2	Quant. -FP	S Ka	33.344	0.435
Si	2.4255	ug/cm2	Quant. -FP	SiKa	9.51	0.148
Al	0.609	ug/cm2	Quant. -FP	AlKa	2.73	0.207
Mg	0.1105	ug/cm2	Quant. -FP	MgKa	0.236	0.017
Na	0.179	ug/cm2	Quant. -FP	NaKa	0.21	0.007



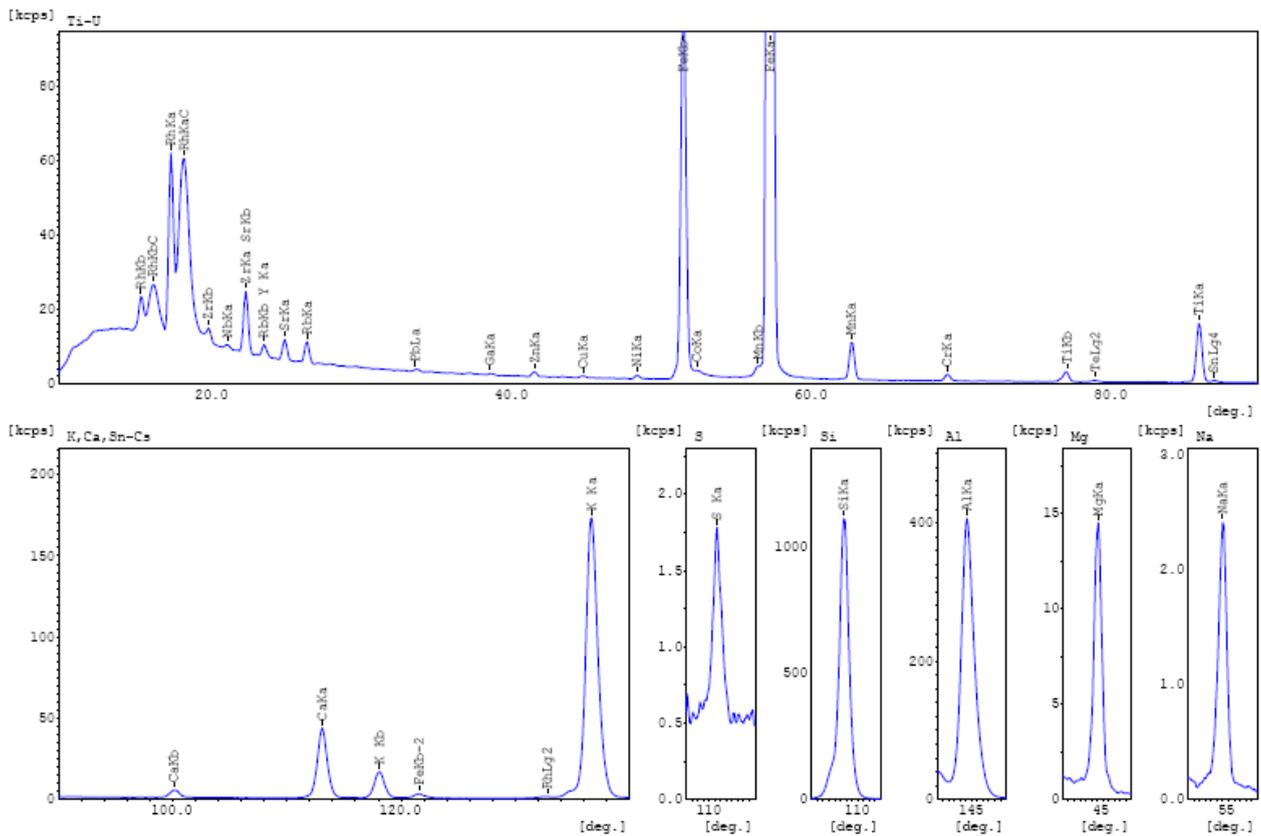
岛津企业管理(中国)有限公司 大型分析仪器部

北京 北京市朝阳区朝外大街16号 中国人寿大厦14F 邮政编码 100020 电话 (010)8525-2365 传真 (010)8525-2327  
 上海 上海市淮海西路570号 红坊G栋401-403 邮政编码 200052 电话 (021)2201-3881 传真 (021)2201-3800  
 广州 广州市流花路109号之9 达宝广场703-706 室 邮政编码 510010 电话 (020)8710-8619 传真 (020)8710-8698



20µm 显微图片

滤膜样品常见元素定性扫描:



岛津企业管理(中国)有限公司 大型分析仪器部

北京 北京市朝阳区朝外大街16号 中国人寿大厦14F 邮政编码 100020 电话 (010) 8525-2365 传真 (010) 8525-2327  
 上海 上海市淮海西路570号 红坊G栋401-403 邮政编码 200052 电话 (021) 2201-3881 传真 (021) 2201-3800  
 广州 广州市流花路109号之9 达宝广场703-706 室 邮政编码 510010 电话 (020) 8710-8619 传真 (020) 8710-8698