

岛津 EPMA 分析煤中微量元素

EPMA-063

摘要：煤中含有微量元素，其中有害微量元素对人类健康、环境和设备都会有一定的危害，而有益微量元素的合理开采利用也会带来大量的经济价值。研究煤中微量元素的成因和赋存，对科研和生产均有重要参考作用。岛津电子探针 EPMA 作为一种元素检测灵敏度很高的微区分析技术，可以直接原位测试煤中微量元素的种类、含量和空间分布。以两处产地的煤为测试对象，表征了煤经过常规洗选后残留的无机矿物中铀（U）、汞（Hg）、砷（As）、氟（F）等微量元素的赋存特征。

关键词：煤 微量元素 赋存特征 EPMA

技术特点：

- ❖ 电子探针是微区、无损、原位分析技术，可快速分析微量元素在煤中的空间分布情况。
- ❖ 岛津电子探针 EPMA 对微量元素和超轻元素的测试具有灵敏度高的特点。

煤炭是一种独特的沉积有机矿产，在某种特定的地质条件下会在煤中富集少许金属元素。煤炭中微量元素的富集是多种因素综合作用的结果，沉积环境、成煤植物种类、岩浆活动、地下水活动等因素都可以影响煤中微量元素的富集。

煤中有害微量元素，如 F、Cl、Cr、Hg、Cd、Pb、As 等在煤炭开采出地表以后会对环境造成污染，在煤炭的存储、运输、洗选、燃烧及其它加工利用过程中，煤中的有害微量元素会发生迁移变化，可能会渗入土壤和含水层，对土壤和地表水造成污染。这些微量元素也可能以飘尘的形式释放到大气中，对人们的身体健康和生态环境产生危害。

同时，煤炭在特定地质条件下也可以富集多种

应用于高精尖材料领域中的关键金属，如 Li、Ga、Cd、Re、Zr、Hf、Ta、Nb、Ge 等稀有、稀散、稀贵或稀土元素以及铂族元素、金和银贵金属等，形成所谓“煤型关键金属矿床”的新类型矿床。这些关键金属对人类的生活和工业生产起到重要的作用。例如 50% 以上的工业用锆来自煤。二战结束后的一段时间内，煤中铀是美国和苏联核工业用铀的主要来源。直到现在，煤也是美国开发稀土的主要研究对象。

电子探针测试是一种微区、无损、原位分析技术，可以用于测定不同显微组分中元素的种类和含量，可以了解微量元素在煤中的空间分布情况，为煤的研究和开发利用提供有效的信息。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津场发射 EPMA-8050G 型电子探针显微分析仪



1.2 分析条件

EPMA 测试参数

仪 器	: EPMA-8050G	加 速 电 压	: 20 kV
束 流	: 100 nA	束 斑 直 径	: Min
步 距	: 1.0 μm	驻 留 时 间	: 45 ms

1.3 样品处理

根据试样疏松程度，使用树脂冷镶嵌包埋。试样制备成光片，表面进行磨制抛光。为了避免荷电效应和电子束轰击热损伤，对抛光后的试样进行热蒸发镀碳膜处理。

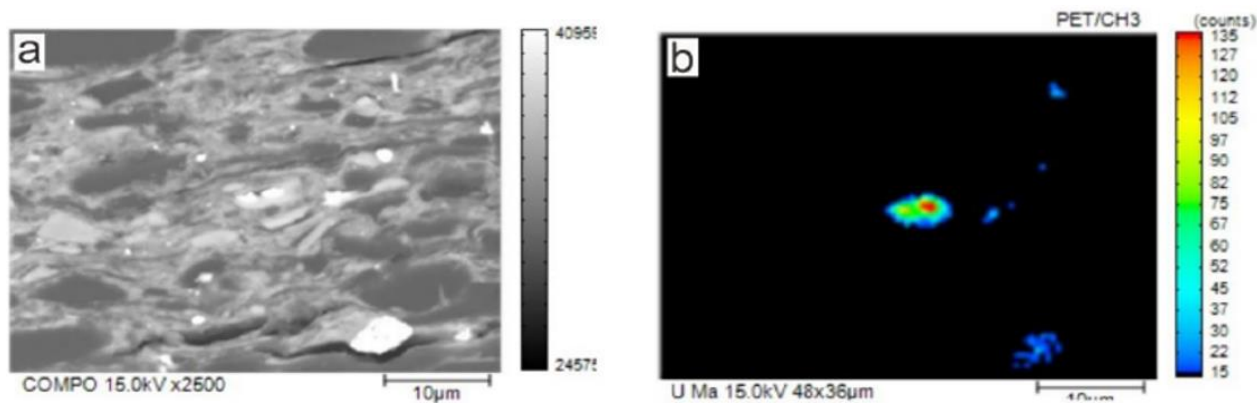
■ 结果与讨论

煤中大部分微量元素主要呈分散状赋存分布于无机矿物中。常规洗选一般包括重选和浮选，煤中微量元素的脱除效果受到元素与无机矿物的亲和性以及无机矿物在煤中的赋存状态的影响。常规的选煤方法，只能脱除容易与有机质分离的大颗粒矿物里中赋存的微量元素，考虑到无机矿物本身在煤中赋存的多样性，洗选过程中微量元素的迁移和富集极具复杂性。

对采自某处煤矿分级、洗选后的煤样制样后进行电子探针的测试和分析。某个类别煤样的元素测试结果和面分布分析分别见表 1 和图 1：

表 1 煤中微区元素成分测试 (Wt%)

No.	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	ZrO ₂	La ₂ O ₃	UO ₂	Total
1	ND.	0.29	8.63	27.19	2.29	ND.	1.56	0.24	55.94	3.87	ND.	ND.	ND.	100.01
2	ND.	ND.	1.37	6.46	1.53	ND.	0.25	0.16	87.84	2.05	ND.	0.33	ND.	99.99
3	0.37	0.19	9.77	32.39	3.09	ND.	1.88	0.42	49.12	1.81	ND.	ND.	0.96	100.00
4	0.38	0.49	14.69	59.03	1.30	0.18	3.60	0.68	5.90	4.08	1.92	ND.	7.73	99.98
5	0.35	0.51	14.84	61.08	2.41	0.27	3.13	0.65	4.90	3.80	1.77	0.22	6.06	99.99
6	0.23	0.46	14.44	58.04	1.44	ND.	2.43	0.60	7.44	4.35	2.36	ND.	8.20	99.99



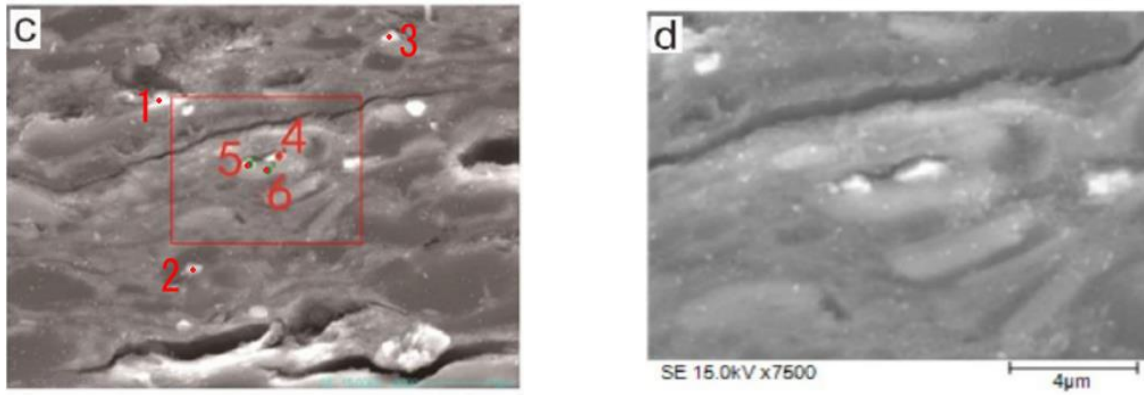
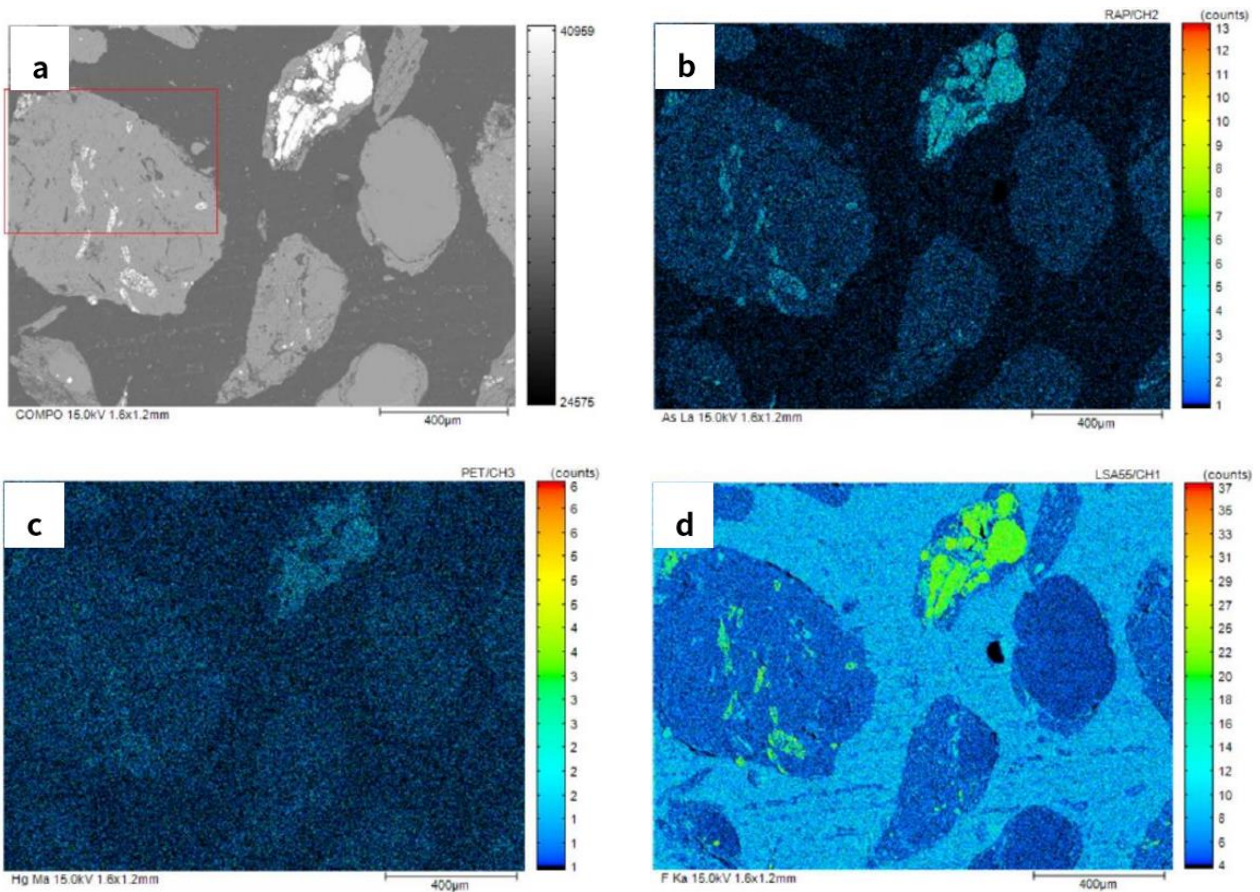


图 1 煤中微量元素铀 (U) 的分布

图中，a 为背散射图像，b 为对应位置的元素铀 (U) 分布特征，c 为此位置的二次电子图像，d 为 c 图中红色方框位置进一步放大后的微观图像特征。此类型煤中元素铀 (U) 的面扫描结果和表 1 的成分结果显示，U 主要赋存在锐钛矿或者金红石、钛铁矿中。与粘土矿物伴生铀钛矿的粒度很小，大概 1 μm 左右，粘土矿物本身的颗粒也极为细小，具有可能放射性污染的 U 元素通过常规洗选很难完全脱除。

对采自另一处煤矿中分层煤洗选后的试样面分析结果见图 2：



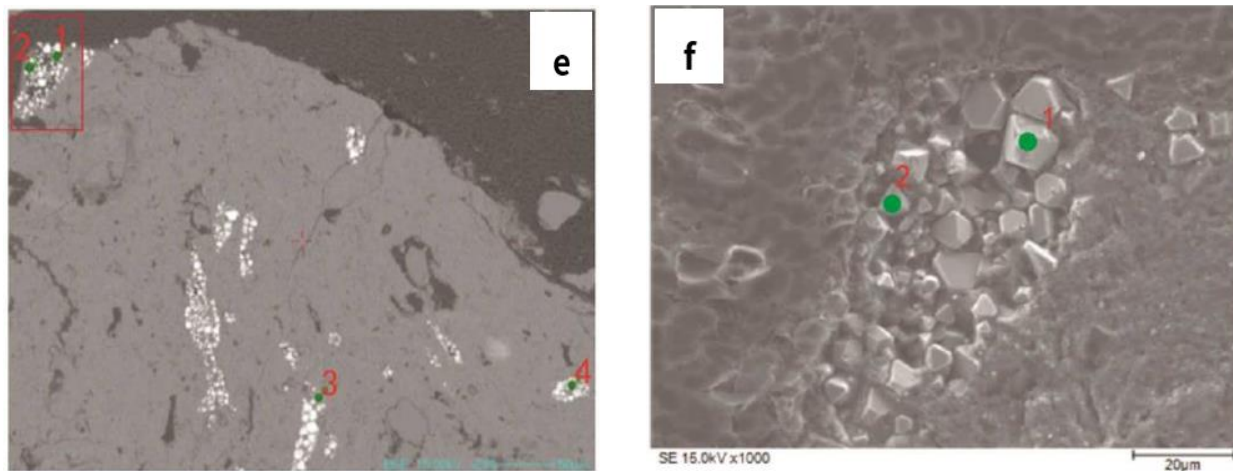


图 2 煤样中微量元素汞 (Hg)、砷 (As)、氟 (F) 的分布

图中, a、b、c、d 为面分析测试位置的背散射图像和对应的元素分布特征图像, e 为图 a 中红色方框进一步放大后的图像, f 为图 e 中红色方框位置放大后的微观图像特征。结果显示, 煤中自形晶黄铁矿与粘土矿物伴生, 而毒性元素 Hg、As 和超轻元素 F 在黄铁矿部分的亮度较高, 说明 F 和 As 的赋存可能与黄铁矿 (尤其是莓粒状黄铁矿) 相关。

对煤的测试和研究, 查明微量元素的种类、含量和分布, 研究其赋存状况和成因机理, 不仅为区域地质类型、推断和认识聚煤盆地演变、古地理及气候环境、地球化学演化等学科领域问题提供科学的数据, 也可为工业活动中减少煤炭资源利用过程中有害元素对人体健康及环境生态造成的危害提供帮助, 为开采利用煤中的有益元素赋能人类生产生活提供指导。

煤中有害或有益微量元素的含量都很低, 需要测试仪器的灵敏度相对较高才可满足对这些微量元素的检出和分析。岛津电子探针 EPMA 通过配置兼具灵敏度和分辨率的统一 4 英寸罗兰圆半径的全聚焦分光晶体以及 52.5° 高位特征 X 射线检出角, 使得在微量元素 (如铀、汞、砷等) 和超轻元素 (如氟等) 测试方面保持领先特色。

■ 结论

使用岛津电子探针 EPMA 分别测试了两种产地的煤中微量元素与无机矿物的赋存特征, 可为煤的成因机理和地球化学特征的研究、为有益元素的开发利用、为有害元素的清理洗脱和煤炭的清洁有效利用提供科学依据。

通过配置兼具灵敏度及分辨率的统一 4 英寸罗兰圆半径的全聚焦分光晶体以及 52.5° 高位特征 X 射线检出角, 同时采用大尺寸晶面间距的超轻元素测试专用分光晶体, 岛津电子探针 EPMA 在超轻元素和微量元素的分析中具有一定的优势。

参考文献:

王文峰等. 煤中铀的赋存分布及其在利用过程中的迁移特征 [J]. 煤田地质与勘探, 2021, 49(1).

代世峰等. 中国煤系中关键金属资源: 富集类型与分布 [J]. 科学通报, 2020, 65(33).

段飘飘. 西南地区高硫煤有害元素地球化学特征及其洗选分配规律 [D]. 中国矿业大学, 2017

段飘飘等. 乌兰图嘎富锆煤中微量元素在不同密度级煤中的分布特征 [J]. 煤田地质与勘探, 2022

岛津应用云

