

X 荧光分析仪在新疆某地的应用

花永涛,程锋,赖万昌,杨强

(成都理工大学 核技术与自动化工程学院,四川 成都 610059)

摘要 介绍新一代 X 射线荧光分析仪在新疆某地的勘查应用,并采用几种方法对基体效应、湿度效应、不平度效应进行校正。该仪器可同时显示 20 余种元素的含量,测试结果证明,X 荧光技术是一种快速、经济、有效的方法。

关键词 X 射线荧光技术 基体效应 X 射线 Si-PIN 型半导体

中图分类号: P632 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-8918(2006)04-0370-04

利用现场 X 荧光技术,能够在野外现场对岩石、土壤中的多种元素实现快速定性、定量的工作,能够勘查矿的远景区和寻找隐伏矿体,迅速发现异常。在地质学研究、矿产资源评价、矿山开采和选矿冶炼过程分析等方面,已有大量应用实例^[1-3]。

在新疆某地,利用航磁资料圈定出一近东西向强烈升高异常带,被解释为火山岩的反映。该火山岩的矿物组合以多金属硫化物为主,我们用 X 荧光分析技术对此异常进行检验,在垂直异常区内主要构造线的方向上布置了 7 条测线,测网密度为 200 m × (20 ~ 50) m,在异常段加密到 1 ~ 5 m。面积测量的比例尺为 1: 5 万,测区的具体位置为:北纬 42°32'08" ~ 42°32'50",东经 93°02'45" ~ 93°03'35",工作面积 2 km²。

1 仪器设备

现场勘查采用 IED-2000G 型 XRF 快速分析仪,该仪器由探头、主机、电源、粉末压片机等部分组成,探头采用新型电致冷 Si-PIN 型半导体探测器(5.9 keV X 射线的半高宽(FWHM)为 158 eV),仪器谱如图 1。主机基于 PC/104 的多道核信号采集系统,采用多道脉冲幅度分析器技术和大规模 CMOS 集成电路等,激发源采用²³⁸Pu(1.48 GBq)。为减少分析器的道宽非线性误差,使用了“并道”和滑尺技术,即将 16 位 ADC(相当于 65536 道)“并道”为 2048 道的 MCA(多道分析器),然后采用 128 道双向滑尺,使分析器道宽非线性减少到 1.5%,主要技术指标如表 1 所示。

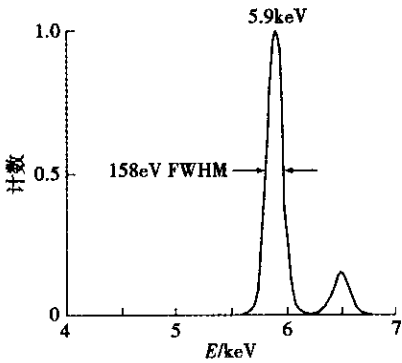


图 1 Si-PIN 型半导体探测器仪器谱

表 1 IED-2000G 型新一代 X 荧光仪技术指标

可分析元素范围	实验室分析	原位测量
功耗	Al—U	K—U
检出限 10 ⁻⁶	平均功耗小于 4.8 W, 电池可连续工作 14 h 以上	
	≤10	Cu、Zn、Ca、Ge、As、Se
	11 ~ 100	Co、Ni、Br—Mo、Ag—U
	101 ~ 1000	K、Ca、Sc、Cr、Mn、Fe、Te、Ru、Rh、Pd
	> 1000	Al、Si、P、S、Cl、Ar

2 影响因素及校正

现场 X 荧光探矿技术的测量对象是原生岩石、土壤、水系沉积物等,或是经采样及适度加工成具有一定颗粒度的岩石、土壤样品。为校正被测物体(样品)的基体成分、测量面形状、湿度、密度、矿物颗粒度等差异的影响,采用了“强度影响系数法”、“特散比法”、“分类法”、“影响因子法”等,用以校正基体效应、湿度效应和不平度效应^[1-3]。

2.1 不平度效应

现场原位 X 荧光测量中,天然岩石、土壤表面的凹凸不平,对原位 X 辐射取样的影响,称为不平

度效应。理论与研究表明^[4],采用特散比法可有效地克服不平度效应的影响,因此在校正基体效应的模型中,对天然岩石、土壤的测量则以特散比为基本参数。本次现场测试以火山岩为主,表面风化厉害,有时在同一个地点,只要移动了测点(观察点位置),拣块取样和 XRF 现场取样的结果都会发生变化,对含矿高的地方有时取几块岩石或粉末样为标本,由此可克服不均匀性的影响。

2.2 基体效应

基体效应是指岩石或土壤中非目标元素对目标元素的特征 X 射线的吸收或增强作用,引起目标元

素含量分析结果的降低或偏高。由于新一代手提式 X 荧光仪采用 Si-PIN 半导体探测器、²³⁸Pu (1.48 GBq) 源,能够分辨中等原子序数以上相邻元素的 K 系特征 X 射线的特征峰(图 2),可以准确获取目标元素及其干扰元素特征峰的峰面积,这为基体效应的有效校正提供了保证。软件中采用多元回归法刻度仪器。粉末样、天然土壤和原生岩石露头实验,采用了强度影响系数法和特散比影响系数法。其中,粉末样采用强度影响系数法

$$C_i = a_{i,0} + a_{i,i}I_i + \sum_{j=0}^N a_{i,j}I_j, \tag{1}$$

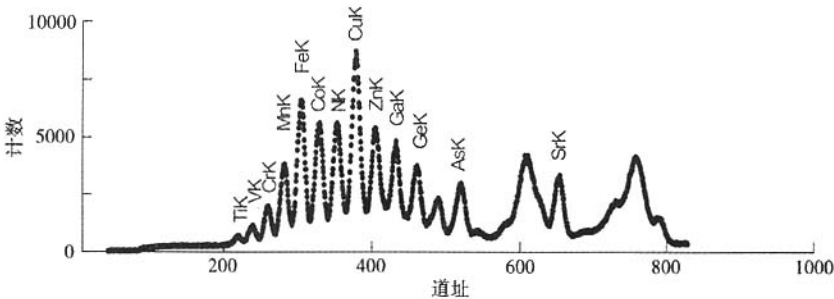


图 2 相邻元素 K 射线的特征

式中, C_i 为目标元素 i 的含量; I_i 、 I_j 分别为目标元素和干扰元素的特征峰面积; $a_{i,0}$ 、 $a_{i,i}$ 、 $a_{i,j}$ 为强度影响系数。天然土壤、岩石采用特散比影响系数法

$$C_i = b_{i,0} + b_{i,i}R_i + \sum_{j=0}^N b_{i,j}R_j, \tag{2}$$

其中, R_i 、 R_j 分别为目标元素、干扰元素的特征 X 射线净峰面积与散射射线净峰面积之比(又称特散比), $b_{i,0}$ 、 $b_{i,i}$ 、 $b_{i,j}$ 为特散比影响系数。

2.3 湿度效应

湿度效应是被测对象中,含水量的变化引起 X 射线荧光分析结果的变化,其影响因素是水(相对于空气),对于元素特征 X 射线的吸收,水(相对于空气)对激发源初级散射增强。测量对象是粉末样品,湿度效应可忽略。由于本次是在新疆的戈壁滩上进行测量,空气干燥,探头测量的是 B 层土壤,因此可以不考虑湿度效应。

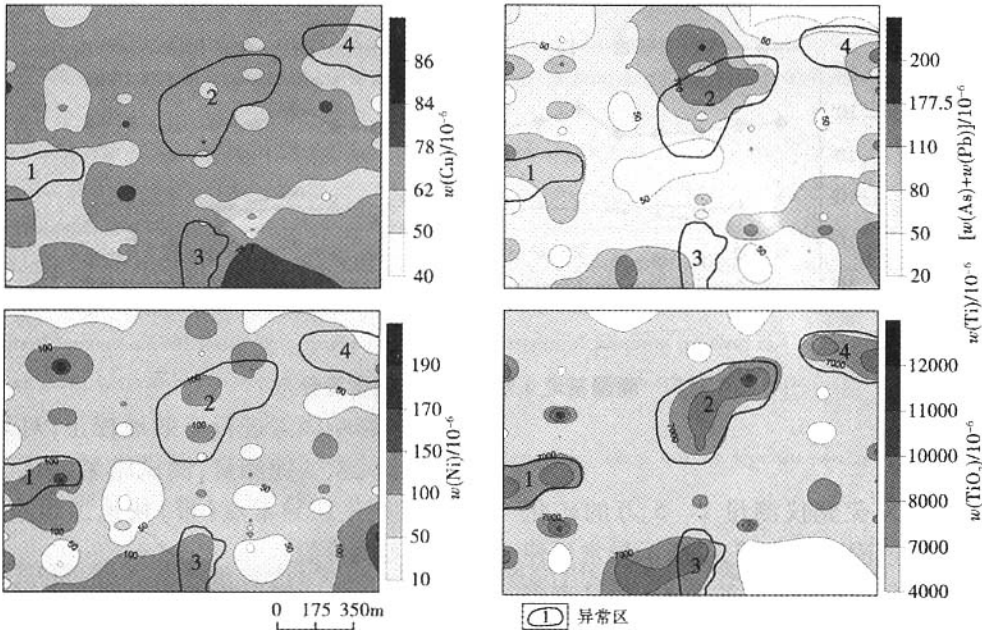


图 3 新疆某地几种元素含量等值线

3 应用效果

应用手提式 X 荧光仪对新疆某地的矿化区进行现场测验,用 GPS 定点,将 X 荧光探头直接置于 B 层土壤表面,每条测线上至少测量 17 个点,同时每个点取 200 ~ 300 g 作为样品。每个点测量时间 200 s,实时显示 K、Ca、Ti、Mn、Fe、Cr、Cu、Ni、Zn、As、Pb、Sr 等元素的含量,绘出了区内反映矿化分布的等值线。以 Cu、Ni、Ti、As、Pb 为例来说明其测试效果(图 3)。

从图 3 可以看出 4 个异常区:①1 号区域内 Ti、Ni、 $w(\text{As}) + w(\text{Pb})$ 呈明显富集,Cu 呈负相关性;②2 号区域内 Ti、 $w(\text{As}) + w(\text{Pb})$ 呈明显的正相关,只有一小部分区域,Ni 含量偏高,Cu 含量明显偏低;③3 号区域内 Ti、Ni、 $w(\text{As}) + w(\text{Pb})$ 含量均偏高,Cu 含量一般;④4 号区域内 Cu 富集,Ni、 $w(\text{As}) + w(\text{Pb})$ 含量偏低,特别是 Ti 含量极低。Sr、Cr、Mn 含量低,Ca 异常不明显,K、Ca、Fe 存在明显的西北、南东 2 条带状异常,K 含量小于 4.1%,Ca 含量小于 13%,Fe 含量小于 10%。

表 2 新疆某地化学元素分析结果

样号	$w(\text{Au})/10^{-6}$	$w(\text{Cu})/\%$	$w(\text{Ni})/\%$	$w(\text{Mn})/\%$	$w(\text{TiO}_2)/\%$
1	0.04	0.00	0.00	0.05	0.95
2	0.10	0.01	0.01	0.10	1.64
3	0.03	0.01	0.01	0.05	1.28
4	0.04	0.00	0.01	0.25	1.75
5	0.03	0.00	0.00	0.05	0.27
6	0.04	0.00	0.00	0.15	1.60

注:由中国国土资源航空物探遥感中心提供

与化学分析的结果表 2 比较可知,在第 2 号样品 TiO_2 的百分含量比较高;对于第 4 号样品来说, TiO_2 含量最高。对于这 6 个样品,Cu 的最高含量为 0.01%,Ni 的最高含量为 0.01%,Mn 的最高含量为 0.25%。XRF 的结果以 Ti 作比较如图 4 所示。在高含量时,最大值低于化学分析结果,分析误差基本上小于 20%,达到地质勘探规范的要求。在低含量时,分析结果趋于一致。整体上看,化学分析与 X 荧光的分析结果基本一致。造成误差的主要原因是现场介质颗粒度和均匀程度的影响。工作中采用加密测点,尽量多采取数据的办法弥补误差^[5]。

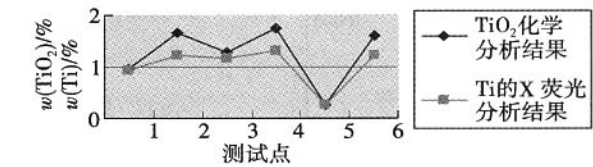


图 4 化学分析与 XRF 分析结果比较

在追索异常过程中,参考矿化区等值线,以 6 号测线为分析对象,位置在北纬 $42^{\circ}32'09'' \sim 42^{\circ}32'42''$,东经 $93^{\circ}02'53''$,共测量了 18 个点。以 Ti、 $w(\text{As}) + w(\text{Pb})$ 、Cu、Zn、Fe 指标作为分析研究对象(图 5),Fe 的含量小于 10%,Cu 的含量小于 80×10^{-6} ,Zn 的含量小 145×10^{-6} 。Ti 含量偏高,并且有 3 个点含量超过了 $10\,000 \times 10^{-6}$,而且比较集中; $w(\text{As}) + w(\text{Pb})$ 的含量为 $(30 \sim 200) \times 10^{-6}$ 。

综合实际测量的数据,整个矿化区存在明显的西北、南东 2 条矿化带,且矿化区内有 4 个明显的异常点(区)。

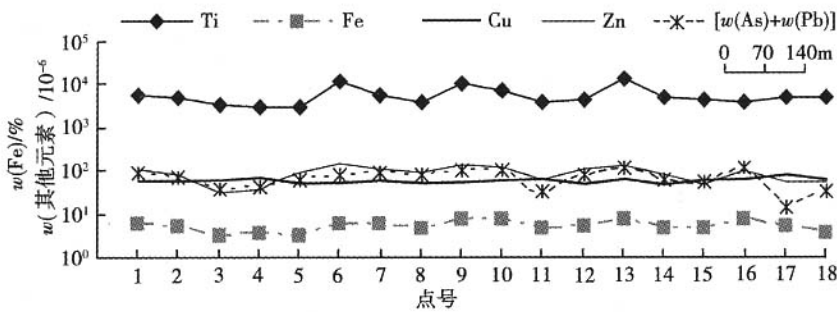


图 5 新疆某地 6 号线几种元素含量分布

4 结束语

从应用手提式 X 荧光仪测量 1: 5 万的矿化区,在野外条件下快速固定矿化带,或指示异常延伸方向,仅用了 3 d。新一代手提式 X 荧光仪,具有多元素同时快速分析的能力,分析时间仅需 3 ~ 5 min,在较好条件下一次可同时分析 20 余种元素,能自动

对各种影响因素进行有效地校正,对采集样品进行驻地多元素快速测量,测试结果与化学分析吻合良好,特别是在异常点(带)快速追索查证方面,有很大的实用价值。

在化学元素分析方面得到中国国土资源航空物探遥感中心梁月明的大力支持,在此表示感谢!

参考文献：

[1] 葛良全,周四春,赖万昌. 原位 X 辐射取样技术[M]. 成都 :四川科学技术出版社,1997.

[2] 章晔. X 射线荧光探矿技术[M]. 北京 :地质出版社,1984.

[3] 曹利国,周蓉生. 核地球物理勘察方法[M]. 北京 :原子能出版社,1991.

[4] 吴慧山. 核技术勘察[M]. 北京 :原子能出版社,1998.

[5] 赖万昌,葛良全,周四春,等. 新一代高灵敏度 X 荧光仪的研制[J]. 物探与化探,2002,26(4) 321.

THE APPLICATION OF THE XRF TECHNOLOGY
TO GEOLOGICAL EXPLORATION IN A CERTAIN PLACE OF XINJIANG

HUA Yong-tao, CHENG Feng, LAI Wan-chang, YANG Qiang
(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract :This paper presents the application of new-generation X-ray fluorescence analysis instrument (XRF) to the exploration in a certain place of Xinjiang. Some methods were used to correct the base matrix effect, moisture effect and roughness effect. More than twenty elements can be analyzed simultaneously. This instrument can play an important role in such aspects as in-situ soil and rock analysis and anomaly follow-up and verification.

Key words X-ray fluorescence analysis instrument (XRF) ;base matrix effect ;X-ray Si-PIN detector

作者简介 花永涛(1973 -),男,硕士研究生,就读于成都理工大学核技术与自动化工程学院核技术及应用专业。

~~~~~  
上接 369 页

THE DETECTION EFFECT OF LONG DISTANCE AND DEEP BURIED PIPELINES

ZHANG Han-chun, HUANG Yun-peng  
(Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, China)

**Abstract** :The development of the Horizon Directional Drilling and the technical specification of some pipeline instruments are described in this paper. The distribution features of abnormal points of  $H_x, H_z$  about the primary electromagnetic field in different depths on the linear electric current are analyzed. The theory to ascertain the underground iron pipeline is proposed. Some probing technological measures in frequency electricity, current and long grounded pole to improve the accuracy of underground pipelines buried deeper than three meters are suggested here. The applicable condition for the determination of the depth of the rather deep underground pipelines using horizontal magnetic field intensity is proposed. Three examples of pipeline probing in Guangzhou are given in this paper, in which the pipelines cross very wide rivers and long distances and the depths are deeper than 10 m.

**Key words** :linear electric current ;electromagnetic field ;pipeline detection ;deep buried pipeline ;section curve ;Horizon Directional Drilling

**作者简介** :张汉春(1962 - ),男,1984 年武汉地质学院毕业,获学士学位,高级工程师。广州市城市规划勘测设计研究院工作,建设工程测量队物探主任工程师,1992 年至今主要从事管线竣工测量、管线探测、数据处理。