第8卷第5期
2000年10月

黄 金 科 学 技 术
Gold Science and Technology

Vol. 8, No. 5
Oct., 2000

多元素X射线荧光分析方法在山东郭城金矿成矿预测中的应用*

杨岳衡, 刘铁兵, 李厚民
(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 以山东省海阳市郭城金矿为例, 对使用HAD-512型多元素X射线荧光仪进行金矿成矿预测的技术方法、参数设置、资料处理、异常解释等方面进行了系统地研究, 并把现场测量成果与地质研究密切结合, 指导成矿预测, 取得了良好效果。

关 键 词: X射线荧光分析; 多元素同时测定; 成矿预测; 金矿; 山东海阳
中图分类号: P612/P618.51 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-2518(2000)05-0013-07

X射线荧光分析方法是核物理技术在地质学中的应用, 它既具有地球物理方法的特点, 又具有地球化学方法的特点[1]。应用X射线荧光分析方法勘查金矿已有近30年的实践, 该方法因具有野外现场化、快速化、成本低等一系列优点, 在地质勘探中得到了越来越广泛的应用, 为及时评价矿点, 快速追踪异常源, 加速矿产资源的勘探提供了一种有力的手段, 并取得了很好的找矿效果和经济效益。

近年来, 由于具有较高分辨率的低气体放大倍数正比计数管, 及常温下使用的Cd(Te)半导体探测器问世, 加上迅速发展的微型计算机(微处理器)技术进入X射线荧光分析领域[2], X射线荧光仪已由单道、双道、四道向多道方向发展, 仪器性能大大改善。

我们应用HAD-512型(512道)多元素X射线荧光仪, 在山东省海阳市郭城金矿土堆东矿段东南的成矿远景区, 进行了一次多个元素同时测量, 圈出金矿化异常, 取得了良好效果; 现对该仪器的使用方法、参数设置、数据处理以及在指导成矿预测方面进行分析和探讨。

1 山东省海阳市郭城金矿地质概况

1.1 区域成矿地质背景

山东省海阳市位于胶东半岛东北部、中生代胶莱盆地的东北缘, 在大地构造位置上处于华北地台胶辽台隆起南部, 横跨胶北隆起和胶莱坳陷2个构造单元, 是胶东东部牟平—即墨金矿带的重要组成部分。区内断裂构造发育, 岩浆活动频繁, 金矿成矿条件良好。

海阳市境内地层出露不全, 为早元古代荆山群、中生代莱阳组、青山组、王氏组和第四系地

* **收稿日期**: 1999-04-25; **修订日期**: 2000-9-19
基金项目: 金矿资源战略接替基地若干靶区预测(编号KZCX1-Y-03-01)资助
作者简介: 杨岳衡(1970-), 男, 硕士, 主要从事金矿堪查地球化学方面的研究.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

层。区域构造线方向以北东向为主,构造以脆性断裂为主,发育于中生代地层中及作为中生代地层与荆山群的分界,控制着本区地层的展布,制约着中生代岩浆岩的侵位。主要的控矿构造为发育于中生代胶莱盆地东北边缘的层间滑动构造带,该构造带从郭城地区的土堆向北东延伸到龙口及牟平辽上,再向东延至乳山市境内。沿该构造带已发现郭城、辽上等一系列金矿床和矿化点(图1)。

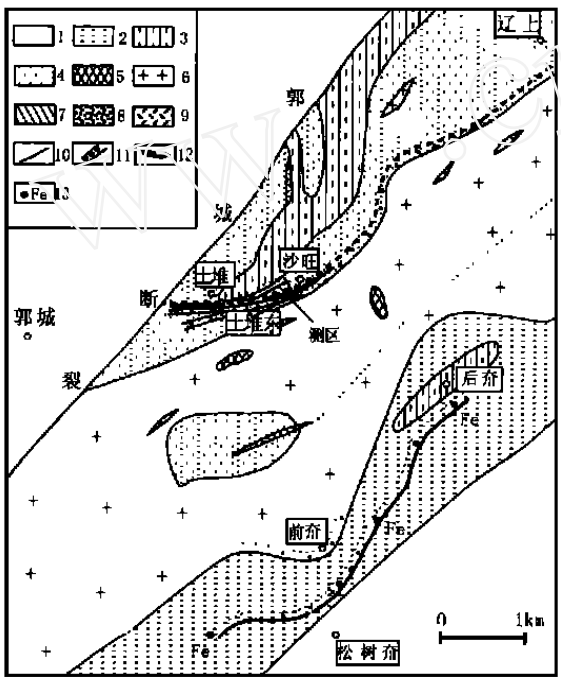


图1 山东省海阳市郭城地区地质简图
(据山东海阳1∶5万地质图修编)
1. 白垩系莱阳组; 2. 下元古荆山群陡崖组徐村段; 3. 下元古荆山群野头组定国寺段; 4. 下元古荆山群野头组祥山段; 5. 大理岩; 6. 晚元古代玲珑单元九曲单元二长花岗岩; 7. 正长岩脉; 8. 煌斑岩脉; 9. 辉绿岩脉; 10. 断裂; 11. 层间滑动角砾岩带; 12. 金矿体; 13. 铁矿点

1.2 郭城金矿区地质特征

郭城金矿床位于海阳市郭城镇的东北部,由土堆、土堆东和沙旺3个矿段组成。到目前为止,经勘探已达到小型金矿床的规模。

区内地层为晚元古代荆山群野头组祥山段黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、大理岩等;矿区构造以北东东向的层间滑动断层破碎带为主,为主要控矿构造,而成矿后的走向北西、陡倾角的土堆断裂从矿区西南部穿过。区内岩浆岩除晚元古代的片麻状二长花岗岩外,中生代岩浆岩主要为燕山期的中基性脉岩,以闪长玢岩为主,呈岩脉、岩墙状产出,宽几十厘米至几米,长数十米至数百米,走向多为北东,倾向北西。另外,见少量辉绿玢岩、煌斑岩岩脉(图1)。

1.3 矿床地质特征

金矿体均受层间滑动断层破碎带控制,目前已圈定的矿体,主要为半隐伏矿体及盲矿体,金矿化蚀变主要发育于碎裂大理岩、大理岩质角砾岩中。在土堆矿段,矿体受主层间滑动断裂控制,走向北东,倾向南东,浅部矿体倾角陡,向深部变缓;在土堆东和沙旺矿段,矿体受主层间滑动断裂上盘裂隙系统控制,走向北东,倾向北西。矿体呈似层状,在走向上和倾向上膨大收缩、分枝复合现象普遍。

矿石类型以蚀变碎裂岩型为主,矿化蚀变主要为黄铁矿化、磁黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化及硅化等,蚀变分带不明显。矿石中金属矿物成分为黄铁矿、磁黄铁矿及少量黄铜矿,局部有少量方铅矿。矿石主要呈角砾状、网脉状、浸染状及网纹状构造。一般当矿石中磁黄铁矿、黄铁矿及黄铜矿三者共同出现时,金品位高。

1.4 测区地质特征

X射线荧光法测区为土堆东矿段的东部成矿远景区(图1、2),根据地质证据预测,测区内F_1和F_2断层间为土堆东矿段层间滑动构造带向东延伸的部分,其东南侧为土堆东矿段金矿体向东的延伸部位,现已有数个民采井在开采近地表矿体。由于区内地表覆盖较厚,故选用X射线荧光法对此成矿远景区进行快速评价。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

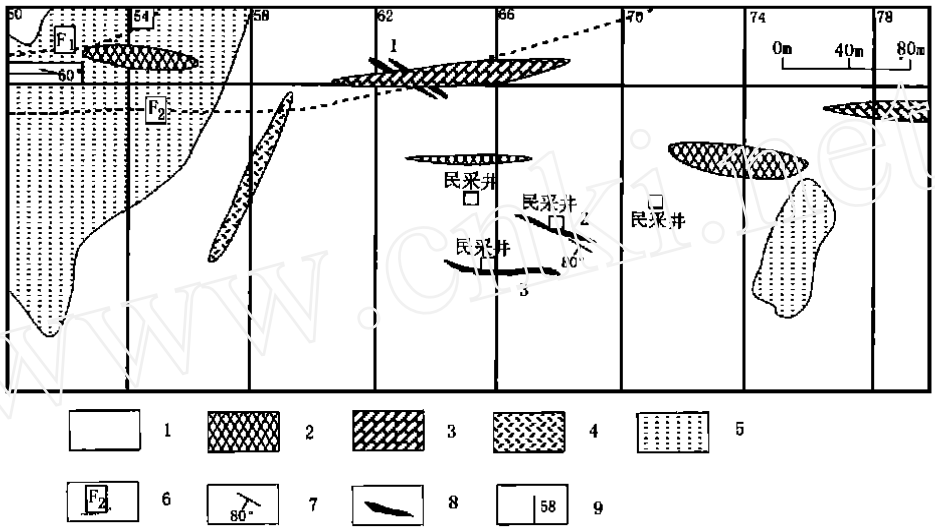


图 2　郭城金矿土堆东矿段东部地质略图

1. 荆山群二岩段下部; 2. 大理岩; 3. 中生代闪长玢岩; 4. 中生代辉绿玢岩; 5. 晚元古代二长花岗岩; 6. 推测断层破碎带; 7. 断层及产状; 8. 金矿脉及其编号; 9. 勘探线

2　方法技术

2.1　原理简介

根据莫塞莱定律, 特征 X 射线能量与原子序数平方成正比。因此, 用放射性同位素放出的 X 射线去激发岩石矿物或土壤中某元素时, 后者产生特征 X 射线, 由于不同原子序数的元素放出的特征 X 射线能量不同, 分析仪可以"定性"识别元素; 同时根据元素的特征 X 射线的强度大小, 可以"定量"测定元素的含量[8]。目前, 由于仪器检出限的原因, 用 X 射线荧光分析方法无法直接分析岩石中的金含量, 但在各种成因的金矿矿体及其分散晕中, 均存在与金共生或伴生的元素如 Ag、As、Pb、Sb、Cu、Pb、Zn、As、W 以及 Fe 等, 通过测量这些共生或伴生的元素(元素组合), 就有可能克服 X 射线荧光分析仪检出限的限制, 快速地圈定金的有利赋存地段, 从而达到间接找金的目的。

2.2　参数设置

我们采用由成都理工学院核工系最新研制的 HAD—512 型 X 射线荧光仪对本区进行测量。该仪器用 ^{239}Pu(钚)作为激发源, 考虑到测区实际情况, 兼顾地质信息提取和工作效率, 设

表 1　HAD—512 型 X 荧光仪探测能窗设置表

被测元素	被测射线	待测射线能量 keV	测量能窗能量 keV	相应道址 (Channel)
Fe	FeKα	6.40	6.40±0.5	159～187
Cu	CuKα	8.05	8.05±0.5	201～227
As	AsKα	10.54	10.54±0.8	255～294
Pb	PbLβ	12.61	12.61±0.7	303～333
Zl(Cu+Zn+As+W+Hg+Pb)	Cukα～PbLβ	8～13	7.5～13.5	201～333
(源射线)	散射线	15	15±1	353～401

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

置测量时间为100 s, 衰减系数为5, 选择了Fe、Cu、As、Pb和Cu+ Zn+ As+ W + Hg+ Pb总量(简称ZL)进行测量, 同时为了避免元素之间相邻谱线的干扰, 选定了探测能窗(图2, 表1)

2.3 现场测量

测线的布置按照垂直或近于垂直测区内主要构造线和地层走向的原则, 按1∶2 000比例尺, 以50×20～5 m网格布置, 控制面积达0.16 km^2, 在测区内发现的民采井和测量数值出现高异常的地段, 测点间距由20～15 m加密到10～5 m。在每一测点上挖20～30 cm深坑, 去掉腐殖层土壤, 取B层土壤, 就地进行野外现场测量, 同时为了消除测量几何效应的影响, 将挖出的B层土壤铺成平整的面, 再放置探头。

2.4 资料处理

为了减少相邻谱线间重叠干扰, 对FeKα对CuKα的谱线干扰进行了扣除校正(图3)。为了消除"基体效应", 根据有关文献的研究, 各元素的"特征X射线强度与散射射线强度的比值"(简称"特散比")一般是正比于其元素的含量[4]。利用"特散比"和"被测元素的含量"之间的线性关系, 对经谱线重叠干扰校正后的各元素的特征X射线强度值进行了特散比校正, 即以各元素的特征X射线峰高计数(单位cpm)除以15 keV附近源的散射射线峰高计数, 以其比值(称为"特散比值")为参数, 来绘制各元素(Fe、Cu、As、Pb和ZL)的等值线图, 每个参量的数值单位为相对单位"XR"。

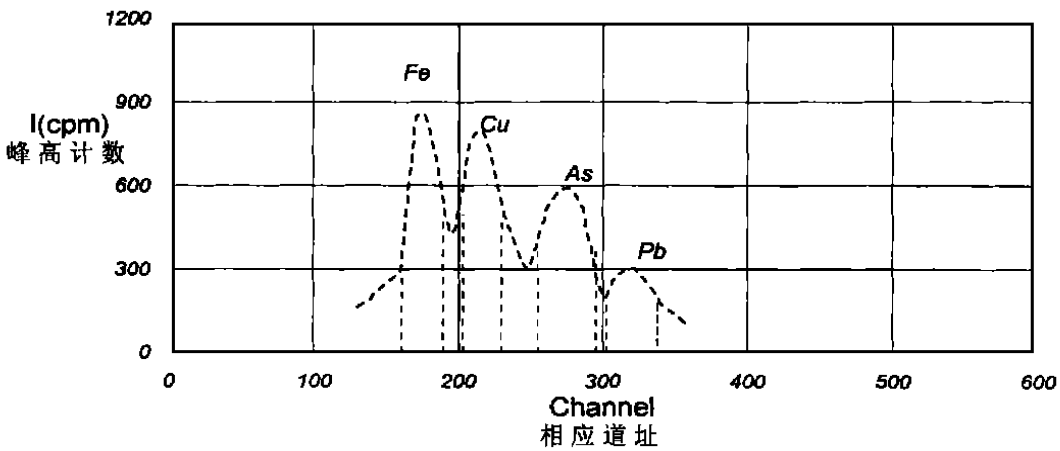


图3 HAD—512型X荧光仪探测能窗选择示意图

3 应用

本着从已知到未知的原则, 首先在已知矿体上进行了实验, 然后类推未知区, 圈定异常。同时, 为避免漏掉有意义的信息, 在X荧光测量的同时, 同线、共点进行了伽玛能谱测量。

3.1 对已知矿体的试验

土堆矿区是目前郭城金矿的主要采矿区, 控矿因素较清楚, 我们在该矿区的主采井旁第5勘探线上的进行了方法试验。从获取的剖面曲线可以看出, 在矿体发育的部位出现明显的Fe、Cu、ZL正异常(图4), 表明该方法是可行的。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.2　测区异常解释

(1) Fe、Cu 异常。分别以 4.0(XR)、0.8(XR)值为 Fe、Cu 异常下限, 测区内共圈出 6 处异常。Ⅰ号异常(Fe、Cu 异常)位于北东向的 F_1 推测断层破碎带上, 为主要控矿构造引起的异常; Ⅱ号异常(Fe、Cu 异常)向南西延伸, 未封闭, 说明 48 线矿体向北东已延至 52 线; Ⅲ、Ⅳ号异常(Fe 异常)与 2、3 号金矿脉相吻合; Ⅴ号异常(Cu 异常)与Ⅲ号异常(Fe 异常)部分重叠, 并向北东延伸, 表明向北东方向仍有找矿前景; Ⅵ号异常(Cu 异常)位于北东向的 F_2 推测断层破碎带旁, 可能为沿破碎蚀变带的矿化异常(图 5)。

(2) As、Pb 异常。分别以 0.3(XR)、0.5(XR)值为 As、Pb 异常下限, 区内共圈出 3 处异常。Ⅰ号异常(As 异常)是否为矿致异常有待进一步研究; Ⅱ号异常(As、Pb 异常)与 1 号金矿脉对应较好; Ⅲ号异常(Pb 异常)与图 5 中的Ⅳ号异常(Cu、Fe 异常)基本对应, 为矿致异常(图 6)。

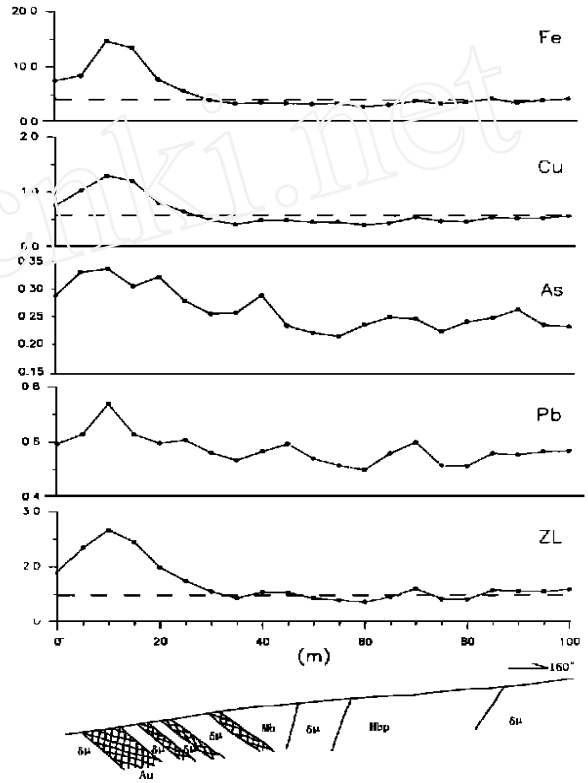


图 4　郭城金矿土堆矿区第 5 勘探线 X 荧光强度图

(3) ZL 和伽玛能谱 F 参数(K * U / Th)异常。以 1.8(XR)值为 ZL 异常下限, 区内圈出 4 处异常, 伽玛能谱 F 参数值 1.2 为异常下限, 区内圈出 3 处异常。Ⅰ号异常(ZL、F 参数异常)为北东向 F_2 破碎带和 1 号金矿脉的综合表现: Ⅱ号异常(ZL 异常)与图 5 中的Ⅱ号异常(Fe、Cu 异常)相吻合, 为 48 线矿体向北东已延

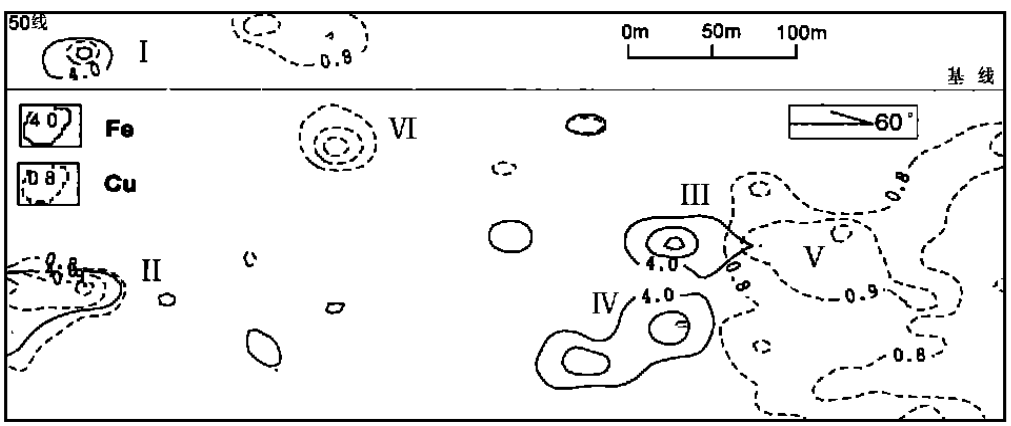


图 5　郭城金矿土堆东矿区东部 Fe、Cu 荧光强度等值线图

1. Fe 荧光强度等值线; 2. Cu 荧光强度等值线

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

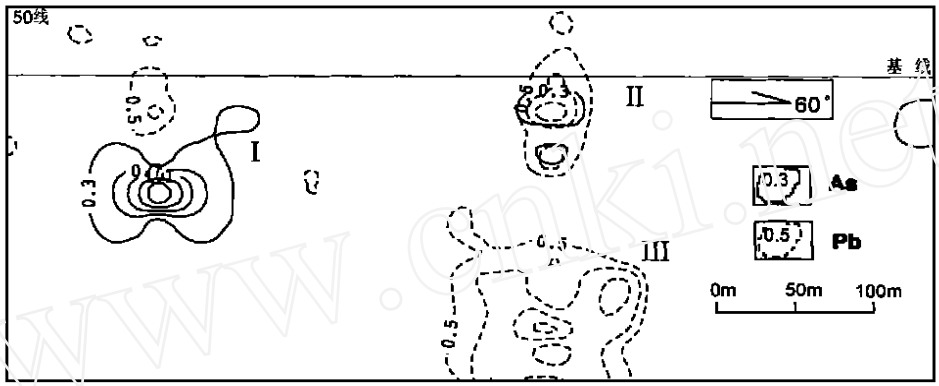


图6 郭城金矿土堆东矿区东部As、Pb荧光强度等值线图

1.As荧光强度等值线; 2.Pb荧光强度等值线

至52线所致; Ⅲ号异常(ZL、F参数异常)与3号金矿脉对应: Ⅳ号异常(ZL、F参数异常)与图5中的Ⅴ号异常(Cu、Fe异常)基本重叠, 表明矿化蚀变向北东仍有延伸(图7)。

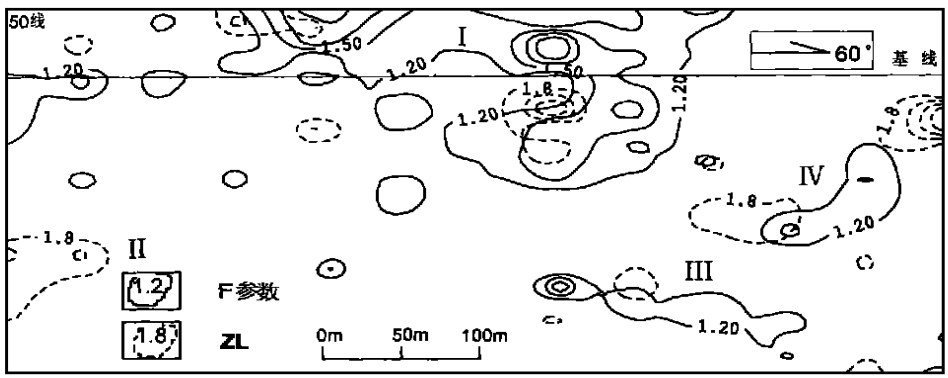


图7 郭城金矿土堆东矿区东部ZL荧光强度与伽玛能谱(F参数)等值线图

1.F参数等值线; 2.ZL荧光强度等值线

总体而言, 测区内圈出Fe、Cu、ZL(Cu+Zn+As+W+Hg+Pb)异常明显, 基本与伽玛能谱F参数异常重合。这些异常是测区内构造破碎带, 金矿脉及隐伏的矿化蚀变引起的。

测量结果表明, 该测区内有利的成矿部位位于F_1、F_2北东向断层破碎带及其两侧, 从而进一步验证了土堆东矿段金矿体向北东继续延伸的预测。这为在郭城金矿土堆东矿段进一步扩大成矿远景, 确定新的找矿靶区, 提供了重要的依据。同时, 也为在胶莱盆地北东缘沿层间滑动构造带寻找新的金矿床, 提供了十分有意义的资料。

4 结语

综上所述, 应用多元素X射线荧光分析方法, 测量与金共生或伴生的元素, 用它们作为指

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

示元素, 迅速发现和圈定金矿化异常是可行的。该方法一次多个元素同时测定, 快速化、现场化、成本低, 不仅大大减少要采集和分析的样品数量, 而且减少地质取样的盲目性, 把现场测量成果与地质研究密切结合, 指导成矿预测, 具有很好的地质效果和经济效益。

对该方法的实验应用, 取得如下几点初步认识和体会:

(1) 在新区开展工作以前, 首先应弄清金与哪些指示元素(元素组合)的相关性好, 以便用相关系数大的指示元素(元素组合)进行测量, 快速有效地圈定金异常地段。

(2) 为了使该方法具有更加美好的应用前景, 必须加强该方法技术本身的进一步研究, 提高其分析准确度和精确度, 降低检出限。

(3) 必须将本方法的现场测量成果的分析与地质研究密切结合起来, 不能孤立地就异常论异常; 应把异常放到整体上、区域上去认识和把握, 总结成矿规律, 指导成矿预测。在测量前, 对测试区域的选取要有明确的征对性和目的性, 才能收到事半功倍之效。

(4) 根据元素地球化学知识, 运用与金共生或伴生元素(元素组合)之间地球化学分布规律, 来圈定和追索致矿异常, 是可行的, 也是有效的。但在确定同一金矿床的不同元素矿致异常参数值、不同类型金矿床中同一元素矿致异常参数值和利用元素(元素组合)之间的分配关系(如 Cu/Fe)圈定金矿化异常等方面, 还有待进一步探讨与实践。

参考文献

[1] 王继伦, 李善芳, 齐文秀. 中国金矿物探、化探方法技术的研究与应用[M]. 北京: 地质出版社, 1997.

[2] 周四春. 核地球物理 X 荧光技术论文集[C]. 成都: 成都地质学院, 1989.

[3] 章晔, 谢庭周, 周四春. 等. 勘查金矿的现场 X 射线荧光法[J]. 铀矿地质, 1988, 4(1): 66—70.

[4] 周四春, 章晔. 轻便 X 荧光仪上应用特/散法的探讨[J]. 核电子学与探测技术, 1985, 5(5): 14—18.

The application of multi-elements x-ray fluorescence analytical technique in the study of Guocheng gold deposit, Shandong Province

YANG Yue-heng, LIU Tie-bing, LI Huo-min

(*Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academic of sciences, Beijing* 100029, *China*)

Abstract: with the rapid development of microcomputer or microprocessor, the X-ray fluorescence analytical technique has been extensively used in many fields. Taking the Guocheng gold deposit of Haiyang areas in Shandong Province as an example, this paper mainly discusses theories, parameters setting, data processing and the application of multi-elements X-ray fluorescence analytical technique in the study of gold deposit. It shows that the multi-elemental X-ray fluorescence analytical technique is an effective and economical tool in the geological prospecting and exploration.

Key words: X-ray fluorescence analytical technique; simultaneous deterination of multi-elements; prospecting; gold deposit; Shandong Province.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net