

便携式 XRF 仪在胶东曲家金矿岩心地球化学特征研究中的应用

郭金珂, 陆继龙*, 尹业长, 赵玉岩, 汤肖丹, 范玉超, 刘洋

吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026

摘要 曲家金矿地处胶东地区招远-莱州金成矿带, 是深部地质找矿的新成果, 岩心样品获取不易, 因此采取便携式 XRF 仪进行测试分析, 便携式 XRF 仪具有体积较小方便携带、分析速度比较快和不需要破坏样品三大特点, 可以快速的得到分析结果并且不损失岩心样品。研究可分为三个方面: 利用岩性相似且拥有准确化学分析数据的冀东岩石样品确定测试曲线并建立数学模型, 再用便携式 XRF 仪对曲家金矿岩心样品进行测试, 经过校正和补充后得到一批测试数据; 选取部分样品进行粉碎处理并用传统的台式 X 荧光分析仪进行测试, 并将便携式 XRF 仪与台式 X 荧光分析仪的测试结果进行拟合和对比; 利用数据进行曲家金矿地球化学特征分析, 得到曲家金矿岩心元素组成、元素垂向分布特征及元素共生组合。结果表明, 便携式 XRF 仪对岩石样品的测试分析结果准确可靠, 测试误差在允许范围之内, 准确度与传统分析测试技术相比稍逊, 但运用于野外现场进行定性分析和半定量分析完全没有问题。经数学模型校正与补充的便携式 XRF 仪测试数据与台式 X 荧光分析仪的测试数据拟合效果良好, 影响便携式 XRF 仪测试岩石样品准确度的因素主要是岩石样品成分分布不均一, 岩石样品的粒度越小, 成分越均一, 则测试误差越小。测试时应该尽量选取成分较为均一的地方, 或者测试前观察手标本, 按照成分比例等权分配测试点位, 并且尽量多次测试取平均值。利用测试数据进行曲家金矿地球化学研究, 将分析结果与已知地质状况对比, 具有非常高的吻合性, 从另一个角度证实了便携式 XRF 仪测试数据的可靠性。岩心样品整体上 Si 和 Al 含量较高, 从围岩进入破碎带, K, Ca 和 S 等常量元素及 Cu, Pb 和 Zn 等金矿床指示元素均发生富集。研究结果总体表明便携式 XRF 仪在曲家金矿中的应用效果良好, 可以进行推广。

关键词 便携式 X 射线荧光光谱仪; 地球化学特征; 元素空间分布; 曲家金矿

中图分类号: P596 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)05-1461-06

引言

便携式 X 射线荧光光谱(XRF)仪体积较小、分析速度较快^[1], 运用于地质勘查现场分析, 可大幅度缩短工作进程, 加快工作部署进程^[2]。此外便携式 XRF 仪还具有无损样品的优势, 对于获取成本较高的深部岩心样品尤为重要。仪器的野外直接运用存在两个主要问题, 准确度以及数学模型的建立, 仪器分析误差约为 5%~20%, 主要来源于基体效应^[3], 岩心样品还具有样品成分不均一性, 也是影响数学模型建立的主要原因。

我国现阶段金矿勘查趋向于深部探测, 无论是科学勘查还是工业生产, 岩心样品均非常珍贵, 获取困难。因此选用便携式 XRF 仪对曲家金矿岩心样品进行无损分析, 并进行

地球化学研究, 探究便携式 XRF 仪的现场应用规律及其在深部金矿床勘查中的实用性。

1 区域地质概况

曲家金矿坐落在山东省胶东半岛西北部, 大地构造位置为华北板块(I级)鲁东隆起(II级)胶北隆起(III级)。曲家金矿位于招远-莱州金成矿带中的焦家控矿构造带中, 毗邻焦家金矿、新城金矿等, 区域构造控矿特征显著。

曲家金矿为破碎带含金蚀变岩型金矿床, 矿脉由含金热液充填交代形成, 金矿主要赋存状态是晶隙金及裂隙金, 埋藏深, 找矿潜力大。主体构造主要为焦家主干断裂, 埋藏于地下深部约 800~1 800 m 处。所研究的 3 号勘探线是一条花岗质岩石构造破碎带, 破碎带总体走向北东方向(NE), 倾向

收稿日期: 2019-04-17, 修订日期: 2019-08-18

基金项目: 国家重点研发计划课题(2016YFC0600606)资助

作者简介: 郭金珂, 1995 年生, 吉林大学地球探测科学与技术学院博士研究生 e-mail: 2587641850@qq.com

* 通讯联系人 e-mail: luji@jlu.edu.cn

北西方向(NW), 倾角总体为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ [4]。断裂总体表现为上陡下缓, 走向长度约 6 000 m, 倾向延伸大于 2 400 m。3 号勘探线剖面详见图 1。

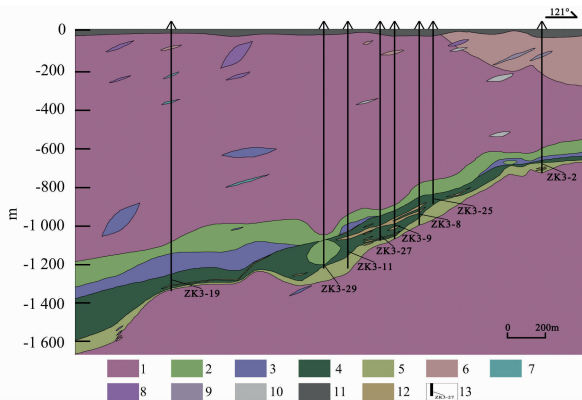


图 1 曲家金矿 3 号勘探线地质剖面图

1: 中粒二长花岗岩; 2: 绢英岩化花岗岩; 3: 绢英岩化花岗质碎裂岩; 4: 黄铁矿绢英岩化花岗质碎裂岩; 5: 黄铁矿绢英岩化花岗岩; 6: 变辉长岩; 7: 闪长岩; 8: 花岗闪长岩; 9: 花岗伟晶岩; 10: 高岭土碎裂岩; 11: 第四系; 12: 矿体; 13: 钻孔

Fig. 1 Geological section of No. 3 exploration line in Qujia Gold Ore

1: Medium grained monzonitic granite; 2: Beresitized granite; 3: Beresitization granitic cataclastite; 4: Pyritization beresitization granitic cataclastite; 5: Pyritization beresitization granite; 6: Meta-gabbro; 7: Diorite; 8: Granodiorite; 9: Granitic pegmatite; 10: Kaolin cataclastite; 11: Quaternary; 12: Ore body; 13: Drilling

2 实验部分

2.1 样品采集

野外采样工作按照《DZ/T 0248—2014 岩石地球化学测量技术规程》进行, 剖面方向垂直地层向下, 采样介质是深部钻孔岩心, 主要岩性为中粒二长花岗岩、绢英岩化花岗岩。样品点距约 50 m, 破碎带部分加密为 20 m, 特殊点位机动性增加采样点。采样时在点位周围均匀敲取 5~8 处同类岩性岩石碎块组成一件样品, 样品质量不少于 300 g, 同时

详细记录样品采样深度、岩性等信息, 最终共采集样品 142 件。

2.2 元素测试曲线

实验采用英国牛津 X-MET7000 便携式 X 荧光光谱仪 (XRF), 可分析元素周期表中 12 号元素镁 Mg 和 92 号元素铀 U 之间的任意元素[5]。仪器对于岩石样品测量有 Mining_HighS_FP, Mining_LE_FP, Mining_MidS_FP, Mining_Sn_FP, Mining_fp 共 5 种测试曲线, 为探究所测元素更准确的测试曲线, 选取若干冀东金厂峪、峪耳崖地区样品进行测试研究。该地区矿种为金矿, 样品含花岗岩, 与岩心样品岩性相近, 且样品有国家标准实验室化学分析数据。

从冀东地区选出 10 个样品进行测试, 每个样品分别用 5 种曲线各测 1 次, 将每个元素在每种曲线下的测试数据分别与真实数据进行对比, 以最接近真实数据的曲线确定为该元素的测试曲线。测试时为尽量减小由于岩石样品成分不均一性, 或者操作失误而带来的测量误差, 采取多处多次测量取平均值的方法, 每个样品选取不同的 5 处各测量 1 次, 每次测量时间均为 30 s, 最后取 5 次测量的平均值作为该次测量的最终数据[6]。各元素测试曲线详见表 1。

表 1 各元素测试曲线

测试曲线	元素
Mining_LE_FP	Al, Si, P, S, Ba, S, V, Mg
Mining_MidS_FP	Pb, U, Ni, W, As, Bi
Mining_fp	K, Ca, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ta, Sb, Cd, Sn, Cr

2.3 数学模型拟合

为了使测试数据进一步接近真实数据, 建立数学模型拟合测试数据与真实数据[7-8]。将各元素测试数据作为 x 轴, 真实数据作为 y 轴, 分别进行拟合, 剔除明显离群值, 然后求出函数解析式及相关系数。其中某些元素如 Sb 和 Mg 等大多数样品均无测试数据, 元素整体数据比较少, 不适合进行分析因此舍去。部分元素及其函数解析式及相关系数详见表 2。

表 2 部分元素函数解析式及相关系数表

Table 2 Function analytic and correlation coefficient table of partial element

元素	解析式	R^2	元素	解析式	R^2	元素	解析式	R^2
Al	$y=0.949 2x$	-0.385	Si	$y=1.085 1x$	0.457 8	P	$y=0.881 5x$	0.916 3
K	$y=0.763 7x$	0.669 1	Ca	$y=0.542 8x$	0.041 8	Ti	$y=0.917 8x$	0.968
Mn	$y=0.448 1x$	0.386	Fe	$y=1.380 1x$	0.942	Ni	$y=0.763 7x$	0.876 9
Cu	$y=0.218 4x$	0.864	Zn	$y=0.955 5x$	0.728 5	Rb	$y=1.108 1x$	0.944 2
Sr	$y=0.732 5x$	0.908	Y	$y=1.216 9x$	0.876 1	Zr	$y=1.362 1x$	0.932 9
Nb	$y=0.914 2x$	0.597 1	Mo	$y=0.949 2x$	-0.385	Ta	$y=0.949 2x$	-0.385
Pb	$y=1.229 2x$	0.860 3	U	$y=0.949 2x$	-0.385			

2.4 岩心样品测试

依照冀东确定的测试曲线及数学模型, 对曲家金矿钻孔岩心样品进行测试, 对所得测试原始数据运用数学模型进行

校正, 得到最终分析数据。共测试钻孔 8 个, 样品 142 件, 元素 30 种, 其中 Al 和 Si 等常量元素 7 种, Mn 和 Ni 等微量元素 23 种。选取报出率(见表 3)高于 70% 的 15 种元素作为研

究主体, 报出率 40%~70% 间的 7 种元素辅助研究, 其余元素舍弃, 元素未检出处取仪器该元素检出限的一半补充。数据补全后计算背景值、异常下限等地球化学参数。

表 3 样品测试元素报出率

Table 3 Report rate of elements of the sample

元素	报出率/%	元素	报出率/%	元素	报出率/%
Al	100	Ni	45	W	47
Si	100	Cu	49	Pb	57
P	33	Zn	85	U	72
S	48	Rb	99	Sb	12
K	99	Sr	99	Ba	30
Ca	100	Y	42	V	8
Ti	99	Zr	99	Cd	13
Mn	96	Nb	100	Sn	8
Fe	100	Mo	99	Cr	5
Co	44	Ta	76	Mg	6

为验证测试数据准确性, 从中挑选 28 件样品进行台式 X 荧光分析仪测试。将测试结果与便携式 XRF 仪对比, 多数元素拟合良好, 少量元素虽然数值拟合差, 但是线性变化趋势相同, 极个别元素拟合较差。其中常量元素均拟合良好, 微量元素部分拟合良好, 部分呈相同变化趋势。推测常量元素含量较高易测, 误差较小, 微量元素含量较低, 有些元素临近检出限, 误差较大。选取部分元素线形图详见图 2。

3 钻孔岩心元素地球化学特征

3.1 常量元素地球化学特征

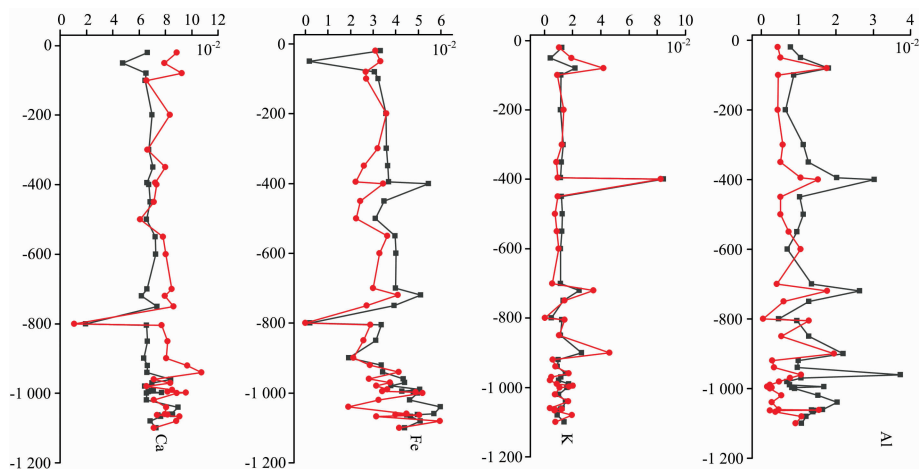
对钻孔岩心样品进行垂向元素地球化学特征研究, 探讨各元素在垂直方向上的含量特征、富集迁移规律及共生组合规律。以元素含量、采样深度为横纵坐标, 对所研究的 21 种元素作折线图。将所研究元素按数量级分类整合, 得到岩心中垂向元素含量变化图。其中, 常量元素含量垂向变化图详见图 3。

表 4 岩心样品地球化学参数

Table 4 Geochemical parameters of core samples

	Al/ 10 ⁻²	Si/ 10 ⁻²	K/ 10 ⁻²	Ca/ 10 ⁻²	Fe/ 10 ⁻²	S/ 10 ⁻²	P/ 10 ⁻⁶	Ti/ 10 ⁻⁶	Mn/ 10 ⁻⁶	Ni/ 10 ⁻⁶	Cu/ 10 ⁻⁶
背景值	8.06	34.96	3.20	0.77	1.17	0.27	60.00	747.30	83.80	3.18	1.69
方差	1.06	3.00	1.07	0.52	0.63	0.41	0.00	429.20	50.57	0.48	0.57
背景上限	10.17	40.95	5.34	1.80	2.42	1.09	60.00	1 606.00	184.90	4.14	2.82
异常点数	8	2	1	25	26	25	47	29	31	42	10
异常均值	12.29	56.48	5.95	3.11	3.50	1.91	532.70	3 227.00	543.80	17.42	8.74
异常峰值	16.36	65.57	5.95	4.87	18.49	3.93	2 116.00	6 969.00	3 158.00	185.60	24.90
富集系数	1.53	1.62	1.86	4.04	3.00	7.09	8.88	4.32	6.49	5.48	5.19

	Zn/ 10 ⁻⁶	Rb/ 10 ⁻⁶	Sr/ 10 ⁻⁶	Y/ 10 ⁻⁶	Zr/ 10 ⁻⁶	Nb/ 10 ⁻⁶	Mo/ 10 ⁻⁶	Ta/ 10 ⁻⁶	Pb/ 10 ⁻⁶	U/ 10 ⁻⁶
背景值	11.89	138.90	441.80	3.08	159.10	14.04	17.82	15.13	8.94	7.43
方差	9.82	49.11	202.90	0.22	68.99	2.91	2.57	10.12	8.91	4.58
背景上限	31.53	237.10	847.70	3.52	297.10	19.87	22.96	35.37	26.76	16.60
异常点数	34	9	12	60	7	12	6	11	20	5
异常均值	88.16	320.90	1 165.00	13.93	369.50	30.32	38.13	40.04	72.28	19.74
异常峰值	280.00	585.10	2 035.00	65.71	520.30	109.70	91.12	50.31	303.60	24.68
富集系数	7.42	2.31	2.64	4.52	2.32	2.16	2.14	2.65	8.09	2.66



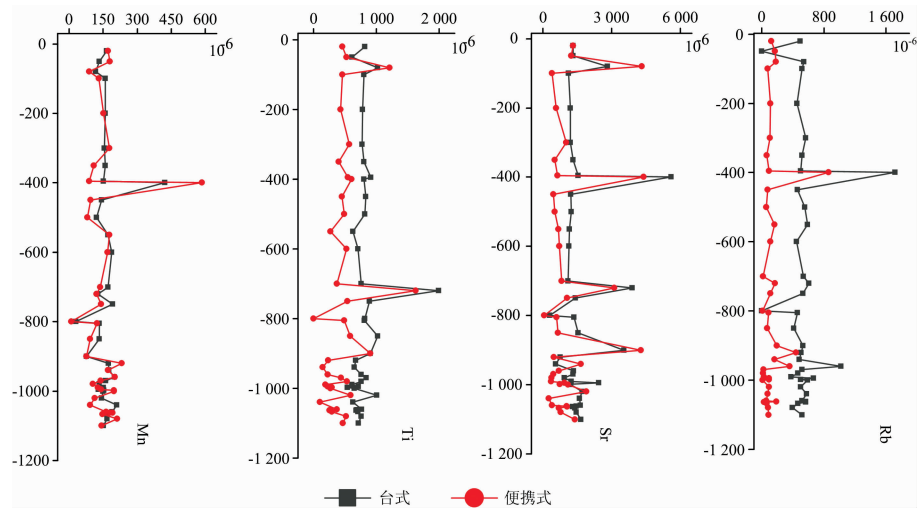


图 2 各元素台式和便携式 XRF 仪测试数据线性图

Fig. 2 Linear regression between values of XRF and PXRF of elements

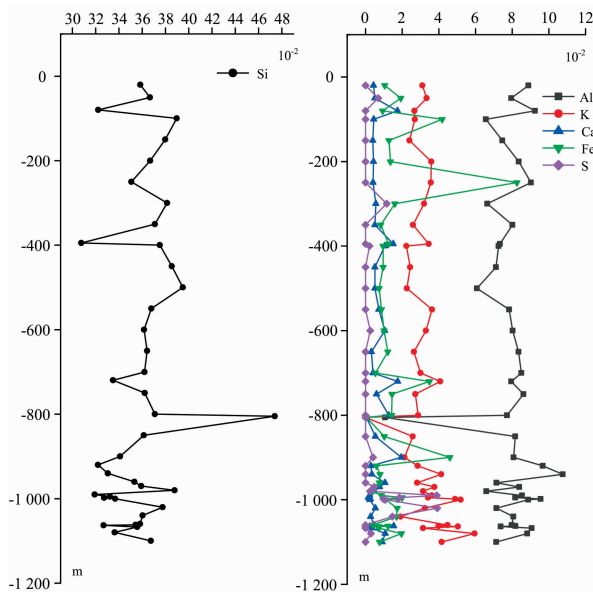


图 3 岩心中常量元素 Si 与 Al, K, Ca, Fe, S 含量变化图

Fig. 3 Content change of major elements Si,

Al, K, Ca, Fe, S in the core

由图 3 可以看出, Al 含量约 6%~10%, Si 含量约 30%~40%, 两种元素垂向上趋势平缓, 无明显变化趋势。仅在 805 m 左右岩心样品处, Al 出现极小值, Si 出现极大值。观察手标本后发现样品为石英岩, Si 含量极高, 而其他元素如 Al, K, Fe 和 Mn 等含量均极低。推测此处有石英脉穿切, 附近岩心样品无此现象, 推测穿切石英脉较细小。

K 在垂直方向上由浅到深呈上升趋势, 趋势平缓但明显, 在深部矿体范围内富集, 推测成矿破碎带中发生钾化, 钾长石增多。对照地质图发现成矿破碎带内含有大量钾化碎裂岩。

Ca 在垂直方向上趋势较为复杂, 大部分岩心样品含量均在 0.3%~0.7%, 某些点位出现正异常, 如 80, 800 和

1 060 m 处。观察手标本发现截面上覆盖有一层薄膜, 颜色呈灰白色, 滴稀盐酸后有细小气泡产生, 确定其为碳酸盐薄膜, 推测原因为发生过碳酸盐化。

Fe 在垂直方向上由浅到深呈先减小再增加的趋势, 在近地表及深部矿体范围明显富集, 在 50, 250, 650 和 900 m 等点处有明显正异常, 观察样品手标本发现样品中肉眼可见大量黄铁矿颗粒, 推测是黄铁矿导致 Fe 出现峰值。

S 在垂直向上由浅到深先平缓再升高, 在深部矿体范围内富集。将 Fe 和 S 元素含量变化对比后可以看出来, Fe 和 S 元素含量趋势基本吻合, 多以黄铁矿形式存在。

3.2 微量元素地球化学特征

岩心中微量元素含量垂向变化详见图 4。

由图 4 可以看出: Ti 和 Rb 在垂向上由浅到深呈上升趋势, 在深部破碎带范围内明显富集; Mn, Cu, Zn, Sr 和 Pb 在垂向上由浅到深呈下降趋势, 在深部破碎带范围内贫化; Ni, Zr, Nb, Ta 和 U 在垂向上由浅到深趋势平缓, 整体变化不大, 含量较为稳定; P 和 Y 在垂向上由浅到深变化趋势较复杂, 无明显变化规律; Mo 在垂向上由浅到深呈先增加再减小的趋势。

在某些点位, 许多种元素具有一致性。以 395 m 左右处为例, Rb, Zr, Mo, Ni, Cu, Ti, P, Zn 和 Pb 等元素均具有极其明显的正异常。同样情况同样发生在 900 m 左右处的岩心样品上。995 m 左右处的岩心样品后元素波动较为剧烈, 推测为此处开始进入控矿破碎带, 有金矿脉穿切导致。

3.3 元素共生组合

由于不同元素间理化性质与地球化学性质不同, 元素间亲和性不同, 据此可以将元素进行分类, 以便于进一步研究元素间相互关系。利用 SPSS 软件对 21 种研究元素进行 R 型因子分析, 根据解释的总方差可知, 前 6 个因子的累计方差贡献为 80.236%, 因此可将元素分成 6 个因子。根据元素间旋转成份矩阵, 将元素分成以下 6 个因子, 元素间旋转成份矩阵如表 5 所示。

f1: Fe, P, Mn, Zn, Rb, Y, Nb; f2: Ca, Ti, Ni, Sr,

Zr; f3: Al, Si, K; f4: Cu, Mo; f5: Ta, Pb; f6: S, U。

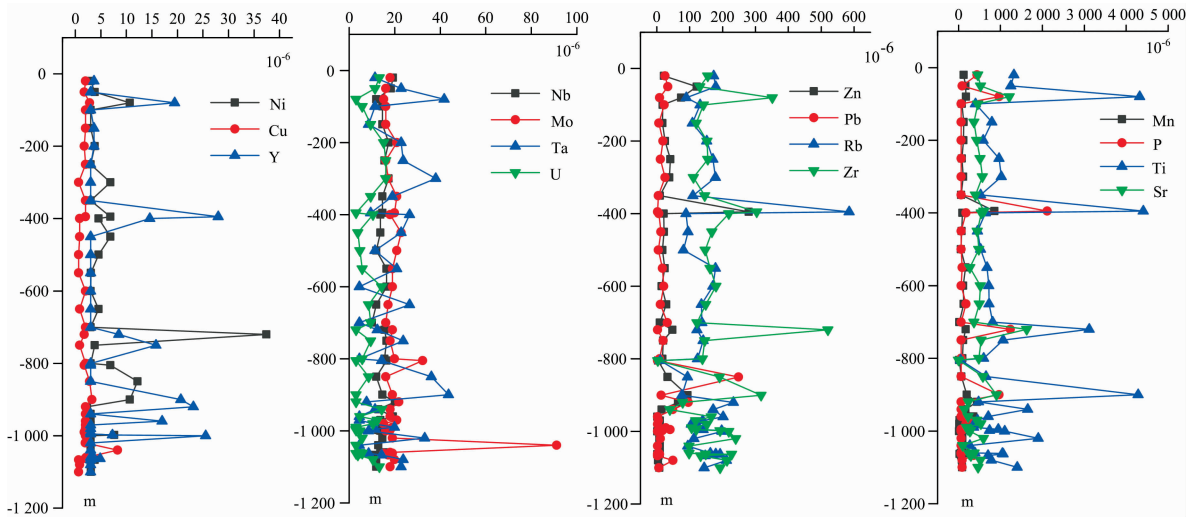


图 4 岩心中各微量元素含量变化图

Fig. 4 Content change of trace elements in the core

观察可知, f1 为亲氧元素; f2 元素组成较复杂, 各类元素均包含; f3 为蚀变相关元素 Al, Si, K; f4, f5 为 Cu, Mo, Pb 等热液型金矿床指示元素; f6 为硫化元素 S 及放射性元素 U。

表 5 旋转成分矩阵

Table 5 Rotated component matrix

	成分					
	1	2	3	4	5	6
Al	0.062	0.043	0.891	0.091	0.180	0.164
Si	-0.394	-0.183	-0.835	-0.067	-0.082	0.246
K	-0.037	0.029	0.838	-0.294	-0.215	-0.136
Ca	0.332	0.759	0.052	-0.014	-0.094	0.165
Fe	0.769	0.538	0.086	0.132	0.017	-0.066
P	0.692	0.628	0.014	0.062	-0.065	-0.079
S	-0.134	-0.166	0.275	-0.210	0.001	-0.765
Ti	0.558	0.719	0.110	0.010	0.103	-0.056
Mn	0.953	0.077	0.044	0.019	-0.036	0.081
Ni	0.000	0.810	-0.066	0.043	0.056	-0.090
Cu	0.048	0.003	0.058	0.931	0.031	-0.027
Zn	0.889	0.257	-0.038	0.000	0.112	0.087
Rb	0.828	-0.118	0.381	-0.141	-0.192	0.015
Sr	0.069	0.932	0.043	-0.127	0.109	0.151
Y	0.708	0.234	0.057	0.028	0.047	-0.195
Zr	0.208	0.893	0.190	-0.066	-0.030	-0.145
Nb	0.318	-0.222	-0.210	-0.227	-0.180	0.151
Mo	-0.053	-0.134	-0.152	0.894	-0.122	0.008
Ta	-0.028	0.409	-0.174	-0.217	0.691	0.037
Pb	0.004	-0.152	0.140	0.042	0.830	0.045
U	-0.214	-0.174	0.177	-0.340	0.112	0.712

4 结论

利用英国牛津 X-MET700 便携式 XRF 仪对胶东曲家金矿 3 号勘探线上钻孔岩心样品进行测试分析, 研究其元素地

球化学特征, 取得了良好结果。便携式 XRF 仪准确度稍逊于传统分析测试技术, 但具有轻便易携带、速度快、无损样品的优势。运用于野外现场定性及半定量分析是完全没有问题的。

将便携式 XRF 仪所测数据经所建立的测试曲线及数学模型调整后, 与台式 X 荧光分析仪测试结果拟合度较高, 数据较为可信。测试过程中发现, 影响便携式 XRF 仪在岩石样品测试中准确度的因素主要是岩石样品成分分布不均一, 相比土壤样品, 岩石样品未经处理, 成分分布不均, 各处差异较大, 打点位置不同, 所测成分不同, 会使测试结果产生不同程度的偏差。而岩石样品的粒度越小, 成分越均一, 则测试误差越小。因此测试时尽量选取成分较为均一的地方, 或者测试前观察手标本, 按照成分比例等权分配测试点位, 并尽量多次测试取平均值。

利用测试数据进行曲家金矿元素地球化学研究, 主要为垂向上常量元素、微量元素的空间分布特征、迁移富集规律以及元素共生组合。将分析结果与曲家金矿已知地质状况进行对比, 吻合性较高。岩心样品整体上富含 SiO₂ 和 Al₂O₃, 从围岩进入破碎带, K 和 Ca 等常量元素及 Cu, Pb 和 Zn 等金矿指示元素均发生富集。

便携式 XRF 仪的此次应用也有不足之处, 部分金矿相关元素未检出。其中 Au 和 Ag 因矿石品位原因, 未达到仪器检出限(Au 11×10⁻⁶, Ag 16×10⁻⁶); 主要指示元素 Cu, Pb 和 Zn 报出率仅有 50%左右, 主要原因是岩心样品成分不均一, 且固体样品无法均衡、富集, 所测点位无法检出, 导致所测数据的不完整。这次研究是便携式 XRF 仪在岩心测试的一次尝试, 之后研究重点将放在建立更完善的曲线模型, 更准确的测试岩心成分, 利用对指示元素的测试分析进行金矿勘查。

致谢: 感谢山东省地质科学研究所支持, 提供岩心样品及地质资料。

References

- [1] YANG Zai-ming, WENG Shen-fu(杨载明, 翁申富). Metallurgical Analysis(冶金分析), 2018, 38(10): 51.
- [2] PAN Neng-hai, CHEN Yuan-rong, XU Jian-dong, et al(潘能海, 陈远荣, 徐建东, 等). Mineral Resources and Geology(矿产与地质), 2017, 31(1): 143.
- [3] MA Fang, SUN Feng-yue, HUO Liang, et al(马 芳, 孙丰月, 霍 亮, 等). Global Geology(世界地质), 2014, 33(2): 388.
- [4] Luke Stroth, Raquel Otto, James T Daniels, et al. Journal of Archaeological Science: Reports, 2019, 24: 738.
- [5] Emmanuel Owden Kazimoto, Charles Messo, Filbeta Magidanga, et al. Journal of Geochemical Exploration, 2018, 186: 100.
- [6] Kate Mauriohoo, Shaun L L Barker, Andrew Rae. Geothermics, 2016, 64: 125.
- [7] Marcelo Mancini, David C Weindorf, Somsubhra Chakraborty, et al. Geoderma, 2019, 337: 718.
- [8] Ashmita Rawal, Somsubhra Chakraborty, Bin Li, et al. Geoderma, 2019, 338: 375.

Application of Portable XRF in Core Geochemical Characteristics of Qujia Gold Deposit in Jiaodong Area

GUO Jin-ke, LU Ji-long* , YIN Ye-chang, ZHAO Yu-yan, TANG Xiao-dan, FAN Yu-chao, LIU Yang
College of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China

Abstract Qujia Gold Deposit is located in the Zhaoyuan-Laizhou gold metallogenic belt in the Jiaodong area and is a new achievement in deep geological prospecting. Research samples are not easy to obtain, so portable XRF analyzer is used for analysis. Portable XRF analyzer has three features, it is small in size so easy to carry, the analysis speed is fast and does not need to destroy the sample, so the analysis result can be quickly obtained without losing the core sample. The study can be divided into the following three aspects, using the rock samples of Jidong area with similar lithology and accurate chemical analysis data to determine the test curve and establish a mathematical model, and then using the portable XRF analyzer to test the core samples of Qujia Gold Deposit, after calibration and replenishment, a batch of test data is obtained. Some samples are selected for pulverization treatment and tested by an X-ray fluorescence analyzer, and the test results of the portable XRF analyzer and the X-ray fluorescence analyzer are compared. Then using the data to analyze the geochemical characteristics of Qujia Gold Deposit, and the core element composition, element vertical distribution characteristics and element association of Qujia Gold Deposit were obtained. The results show that the portable XRF analyzer has accurate and reliable test results for rock samples, the test error is within the allowable range, the accuracy is less than that of the traditional analytical test technology, but it is completely problem-free to apply qualitative analysis and semi-quantitative analysis to the field. The portable XRF analyzer test data corrected and supplemented by the mathematical model fits well with the test data of the X-ray fluorescence analyzer, the factors affecting the accuracy of the portable XRF analyzer for testing the rock sample are mainly the uneven distribution of the rock sample component, the smaller the level, the more uniform the composition, the smaller the test error. When testing, where the composition is more uniform should be selected, or observe the rock samples before the test, assign the test points according to the proportion of the components, and try to take the average as many times as possible. Using the test data to carry out the geochemical study of Qujia Gold Deposit, the analysis results are in good agreement with the known geological conditions, and the reliability of the portable XRF analyzer test data is confirmed from another angle. The core samples have a higher content of Si and Al, and from the surrounding rock to the fracture zone. The K, Ca, S and other microelements and Cu, Pb, Zn and other indicator elements of gold are all enriched. The results of the study generally indicate that the portable XRF analyzer has a good application effect in Qujia Gold Deposit and can be promoted.

Keywords Portable X-Ray fluorescence spectroscopy; Geochemical Characteristics; Elemental spatial distribution; Qujia Gold Deposit

* Corresponding author

(Received Apr. 17, 2019; accepted Aug. 18, 2019)