

河北平泉碾子沟-洛金洼金矿床 蚀变围岩微量元素研究^①

别风雷^②

徐九华

(中国地质大学, 北京, 100083) (北京科技大学, 北京, 100083)

摘 要 平泉县碾子沟-洛金洼金矿床赋存于太古界上迁西群变质岩系和石英二长斑岩、花岗闪长斑岩及闪长玢岩等岩浆侵入体中。本文研究了该矿床蚀变围岩的微量元素地球化学特征, 探讨了元素的迁移富集与蚀变的关系, 并讨论了蚀变与矿化的联系。

关键词 平泉, 围岩蚀变, 微量元素, 矿化作用, 因子分析

碾子沟-洛金洼金矿床位于冀东北平泉县境内, 处于华北地台北部内蒙地轴与燕山沉降带交汇部位。矿床为产于太古界变质岩系和石英二长斑岩、花岗闪长斑岩及闪长玢岩等岩浆侵入体破碎带中的金多金属矿床。矿脉围岩类型较多, 热液蚀变较复杂。本文着重对围岩微量元素进行了分析, 揭示了蚀变与矿化的关系。

1 矿床地质特征

矿区内出露地层主要为太古界上迁西群上平房组(Arsh₃), 主要由黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、磁铁石英岩组成, 原岩为一套火山岩系, 微量元素分析表明, 斜长角闪片麻岩, 斜长角闪岩中金丰度很高, 分别为 0.04×10^{-6} 和 0.0299×10^{-6} 。矿区地层中的Au具有较高的背景值。另外, Cu、Pb、Zn、Ag等金属元素丰度值也较高。

矿区中部出露花岗闪长岩体, 侵入太古代地层中, 近东西向展布, 其K-Ar同位素年龄为105 Ma, 后期钾化明显。该区岩脉较发育, 主要有石英二长斑岩, 花岗闪长斑岩, 闪长玢岩等。根据前人资料分析的结果, 斑岩和岩体化学成分相近, 野外出露位置均围绕岩体呈环带状展布, 二者可能为同一岩浆源, 但形成时间有所差异。

矿区内断裂构造发育, 不同方向的深断裂(万丰-平泉断裂: 断裂1)及区域性断裂(赵家店-毛兰沟断裂: 断裂2及下窝铺-黄铺子断裂: 断裂3)相互交叉(图1)。围绕花岗闪长岩体且近似呈南北向展布的一组压扭性破碎带极为发育(图1), 破碎带内由含金、银多金属硫化物蚀变岩

① 收稿日期 1998-11-02 改回日期 1999-01-14

② 第一作者简介: 别风雷, 男, 中国地质大学(北京)博士生, 矿物学专业。

组成,有时还充填石英脉,并见有花岗斑岩角砾分布。

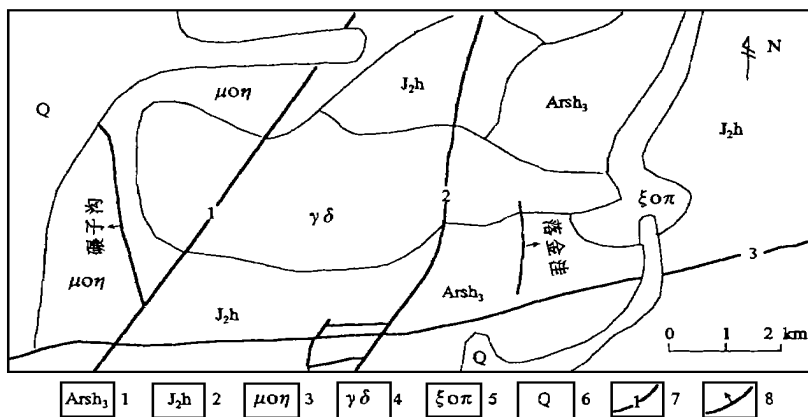


图 1 碾子沟-沟金洼金矿区域地质略图(据河北地质十队, 1979)

Fig 1 Sketch of the regional geology of Nianziguo-Luojinwa District

1. 迁西群上平房组 2. 侏罗系 3. 石英二长斑岩 4. 花岗闪长岩 5. 石英正长斑岩 6. 第四系 7. 断裂 8. 矿化带

1.1 含金矿化带特征

碾子沟矿化带产于走向近南北,倾向 W—SW,倾角 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 的石英二长斑岩内压扭性破碎带中,长约 200 m,宽窄不等,向南倾伏,延长及延深均有膨缩现象,矿化带中糜棱岩及断层发育,如 NV-1 号矿体。

洛金洼含金蚀变破碎带有多条,矿体就赋存在破碎带中,呈近南北方向展布,倾向 NE,倾角 $75^{\circ} \sim 85^{\circ}$;沿走向及倾向呈舒缓波状,向北西倾伏,矿体呈脉状,透镜状,如 LV-3 号矿体。

1.2 围岩及蚀变类型

矿区碾子沟蚀变破碎带两侧围岩原岩主要为石英二长斑岩,而洛金洼矿化带两侧围岩主要是太古界迁西群老变质岩及分布广泛的花岗闪长岩、闪长玢岩、二长斑岩也成为部分矿脉的围岩。

本区含矿破碎带两侧围岩受到强烈的蚀变作用,常叠加在构造变形之上。蚀变主要类型有绢云母化、硅化、绿泥石化和绿帘石化、碳酸盐化、其发育程度和原岩类型与蚀变强度有关。在碾子沟石英二长斑岩区,绢云母化、硅化、碳酸盐化强烈,常形成绢英岩。在洛金洼围岩为闪长玢岩时,强烈发育绿泥石化、绿帘石化硅化、碳酸盐化、常形成青盘岩,近矿带为硅化青盘岩,并且黄铁矿细脉发育。

蚀变岩中残留矿物和蚀变矿物的先后生成顺序(表中所列早、中、晚期蚀变并无截然界线可分)以及碾子沟和洛金洼围岩蚀变的差异见表 1。

表1 矿化带蚀变围岩中常见矿物生成顺序

Table 1 Paragenesis of main minerals in altered wallrocks

a. 碾子沟矿化带蚀变围岩常见矿物生成顺序

a. Paragenesis of main minerals in altered wallrocks of Nianzigou

矿 物	原 岩	早 期 蚀 变	中 期 蚀 变	晚 期 蚀 变
正长石	——			
更长石	——			
石 英	Q ₁	Q ₂	Q ₂	Q ₃
黄铁矿				
绢云母				
方解石				

b. 洛金洼矿化带蚀变围岩常见矿物生成顺序

a. Paragenesis of main minerals in altered wallrocks of Luojinwa

矿 物	原 岩	早 期 蚀 变	中 期 蚀 变	晚 期 蚀 变
普通角闪石	——			
正长石	——			
中长石	——			
石 英	Q ₁	Q ₂	Q ₂	Q ₃
绢云母				
黧帘石				
绿帘石				
绿泥石				
黄铁矿				
方解石				

2 蚀变围岩微量元素研究

2.1 蚀变岩微量元素地球化学特征

由微量元素分析数据,作出其地化行为图表(图 2、图 3),表明了微量元素在蚀变过程中的地球化学特征。该图主要分析了蚀变围岩中微量元素富集流失趋势。图中的斜率为 1 且过原点的直线可衡量蚀变前后微量元素的比率(Grant, 1986),该直线上方为富集区域,下方为流失区域,横坐标为未蚀变岩石微量元素的含量(本区以微弱蚀变的岩石数据代替),纵坐标为强烈蚀变岩石微量元素的含量^[7]。

2.1.1 NV-1 矿体 图 2 表明:

- (1) 所有元素都偏离直线,它们受蚀变影响较强,且元素总量发生变化。
- (2) 总的趋势来看, Au 呈富集趋势,即随蚀变增强而含量增加,但在绢英岩化过程中,有金淋滤到热液中,致使图 C 中金含量相对减少,呈流失状态, Au 在强破碎带糜棱岩和晚期碳酸盐化强烈发育处最为富集。
- (3) Cu、Pb、Zn、Ag 等其它元素与金类似,但在蚀变晚期的碳酸盐化强烈时, Cu、Zn 为流失状态,说明碳酸盐化不利 Cu、Zn 沉淀,从图中也可得到铁族元素在蚀变过程中,不仅从围岩淋滤到热液中,且部分铁族元素由热液带入围岩。

2.1.2 LV-3 矿体 图 3 表明:

- (1) Au 呈富集趋势。随着蚀变程度增强, Au 越富集,在碎裂状青盘岩中富集高达 $3\ 820\times 10^{-9}$ 和 $6\ 120\times 10^{-9}$ 。与 NV-1 相比,除围岩原岩不同外, LV-3 碎裂状青盘岩黄铁矿、黄铜矿-石英细脉发育,说明脉状硅化-黄铁矿化叠加,促成了 Au 富集,硅化青盘岩 Au 虽呈富集趋势,

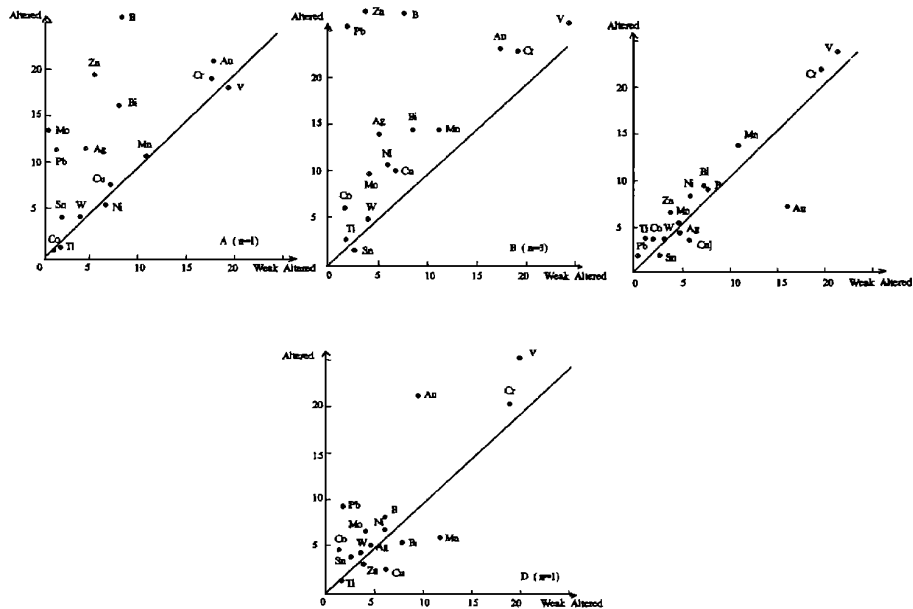


图 2 NV-1 矿体蚀变围岩微量元素变化图

Fig 2 Minor element variation in altered wallrocks of NV-1 ore body

A. 次生石英岩 B. 糜棱岩 C. 绢英岩化石英二长斑岩 D. 强碳酸盐化蚀变岩

n 为样品数, $w(Au)/10^{-9}$, 其余元素 $wB/10^{-6}$, 其中 Zn 含量除以 10, 表示为 $Zn/10$, 另 $Pb/10$, $Cu/10$, $Mn/100$, $Ti/1000$, $10Bi$, 图 A, C, D 中 $10Ag$

但含量有所降低, 其原因是: 虽然硅化碳酸盐化发育, 但黄铁矿化不发育, 所以对 Au 富集叠加作用不显著。

(2) Au、Cu、Pb 等成矿元素随蚀变增强有富集趋势, 且在碎裂青盘岩中强烈富集, 但硅化青盘岩中含量相对降低, 究其原因与前述相同, 另外, 在矿体下盘 Cu、Zn 呈流失状态是部分 Cu、Zn 成矿物质被带入热液的结果。

2.2 蚀变围岩中微量元素的分类

分别对 NV-1 号矿体和 LV-3 号矿体近矿蚀变围岩的微量元素分析数据进行了 R 型聚类分析, 数据均作了对数变换。由相关矩阵作出聚类分析谱系图(图 4)。该图说明:

(1) 对于 NV-1 矿体若以 $R = 0.4$ 分类, 16 种元素可分成四组: Au、W、Bi、B、Zn、Pb、Ag、Cu 代表成矿元素组合, 主要是矿化作用阶段带入围岩的成分; Mn、Cr、V、Ni、Co、Ti 主要与围岩原有成分有关; Mo、Sn 各单独为一类, 可能与围岩的影响有关。

(2) 对于 LV-3 号矿体, 若以 $R = 0.4$ 分类, 16 种元素可分成四组: Au、Cu、Pb、Ag、Bi、Co 为一类, 主要是多金属硫化物矿化作用阶段带入围岩的组成; Ti、Zn、V、Ni、Cr、W、Mo、B 代表围岩原有组成; Mn、Sn 各单独为一类, 与 NV-1 矿体不同, Zn、W、B 与铁族元素相关性好, 可能是高温时 Zn 等置换围岩中角闪石的铁族元素所引起, Au 与 Co 关系密切, 也可能是因为两者围岩原岩不同所致。

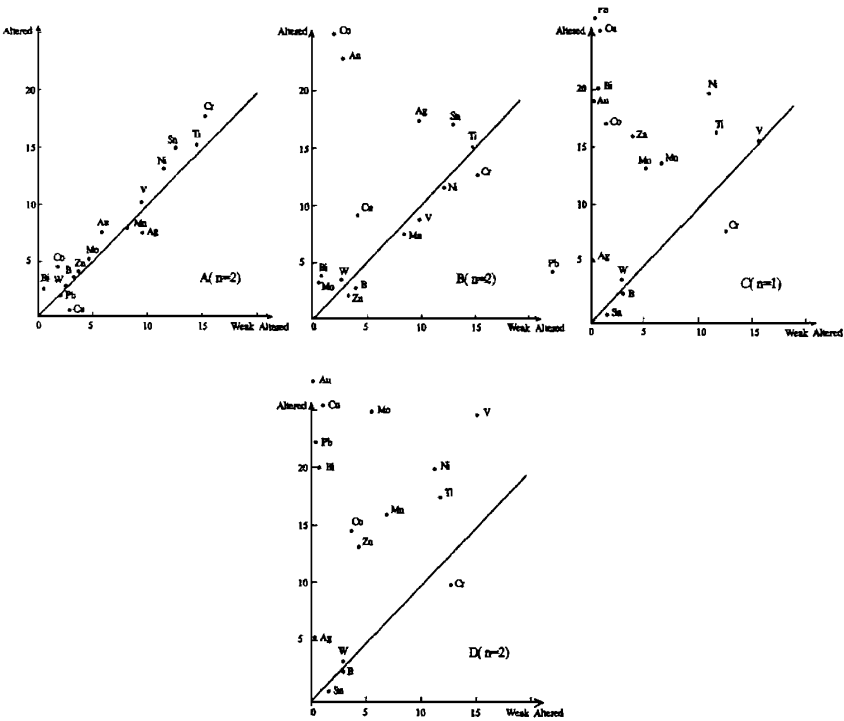


图 3 LV-3 矿体蚀变围岩微量元素变化图

Fig 3 Minor element variation in altered wallrocks of LV-3 ore body

A. 青盘岩化闪长岩 B. 黄铁绢英岩-青盘岩 C. 硅化青盘岩 D. 碎裂含矿青盘岩

$w(\text{Au})/10^{-9}$, 其余元素 $w/10^{-6}$, 其中 Mn/100, A 中 Cu/200, A, B, C 中 Ti/100, Zn/100, Pb/10, C, D 中 Ag/10, Au/200, Cu/200, 10M o, A, B 为矿体下盘

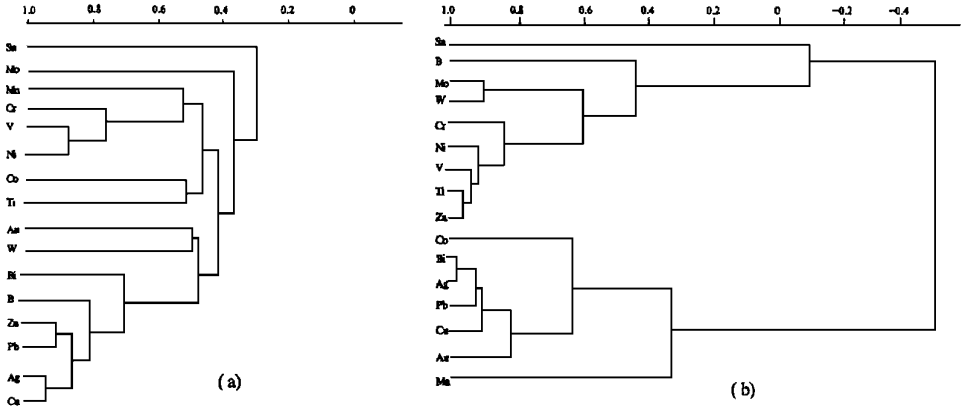


图 4 蚀变围岩 R 型聚类分析谱系图

Fig 4 R-type cluster analysis of altered wallrocks

(a) NV-1 矿体围岩 (b) LV-3 矿体围岩

2.3 矿化蚀变作用的因子分析

利用微量元素分析数据,分别对上述两矿体进行了 R 型因子分析(表 2、表 3)。

表 2 NV-1 矿体蚀变围岩微量元素初始因子载荷矩阵 表 3 LV-3 矿体蚀变围岩微量元素初始因子载荷矩阵

Table 2 Factor loading matrix of altered wallrocks

NV-1 ore body

变量 因子	F1	F2	F3	hi²
Cu	0.7756			0.6346
Pb	0.8413		- 0.3877	0.8604
Mn	0.3475	0.8119		0.8523
Ti	- 0.4659	0.6966	- 0.5061	0.9585
Cr		0.8801		0.8274
Mo	0.7962		0.3494	0.8169
Ag	0.9334			0.9195
Co			- 0.9892	0.9823
Au	0.5129	- 0.7054	- 0.4298	0.9454
方差贡献	3.4370	2.5731	1.7872	7.79
累计百分比	38.2%	66.8%	86.7%	

Table 3 Factor loading matrix of altered wallrocks

of LV-3 ore body

变量 因子	F1	F2	hi²
Cu	0.9330		0.8765
Pb	0.9216		0.8629
Mn	- 0.4694	0.7890	0.8429
V	0.8125	- 0.5188	0.9399
Mo	0.8190		0.6606
Ag	0.9181	0.3477	0.9639
Zn	0.8326	- 0.4954	0.9388
Co	0.3029	0.7415	0.6469
Au	0.6226	0.7472	0.9459
方差贡献	5.2869	2.3916	7.6783
累计百分比	58.7%	85.3%	

(1)从 NV-1 号矿体近矿蚀变围岩微量元素数据 R 型因子分析的初始因子载荷矩阵的公因子方差可看出: Au、Ag、Pb 均达 85% 以上, CuO 63.4%, 其它元素也提供了 80% 以上的信息, 因子 F1、F2、F3 的累计方差贡献达 86.7%, 所以得出三组关联:

A1(Ag、Pb、Mo、Cu、Au、- Ti)

A2(Cr、Mn、Ti、- Au)

A3(- Co、- Ti、Au)

由这三组关联解释三个主因子 F1、F2、F3 的地质意义如下:

(i)F1 正端代表了成矿元素组合, 是矿化蚀变作用带入围岩的组份, Au 与 Ag、Pb、Cu 显示密切关系, Mo 在高温下可类质同象置换铁族元素, 可能与黄铁矿中的铁发生置换, 说明 F1 是矿化主因子, 这与前述脉脉中金多金属的产出是一致的。负端表示 Ti 所代表的原岩组份越高, 蚀变矿化则越弱。

(ii)F2 的正端反映了围岩原有组份, Cr、Mn、Ti 为铁族元素。主要赋存于造岩矿物中, 负端代表以 Au 为主的矿化作用。因此 F2 说明了围岩原有组份比例越大, 矿化蚀变作用越弱, 反之越强。

(iii)F3 中 Co、Ti 为铁族元素, Au 代表成矿元素, Au 加入本关联, 说明在围岩中原来也有金赋存, 表明了成矿物质不仅来源于成矿热液, 也来自于围岩, 另一方面也表明, Co、Ti 等元素也可能部分来源于矿液。

由 F1、F2 作出的因子载荷平面图(图 5)更清楚地反映了两大类元素的特点, F2 正方向代表了围岩原有微量元素组份, 往 F1 方向是成矿元素组合。

综上所述, 三个主因子不同程度地与 Au 矿化有关, F1 主要反映了金多金属硫化物矿化作用, F2 反映了围岩原岩特征, F3 表示 Au 还有其它来源。

(2)LV-3 因子分析的初始因子载荷矩阵, 得出二组关联:

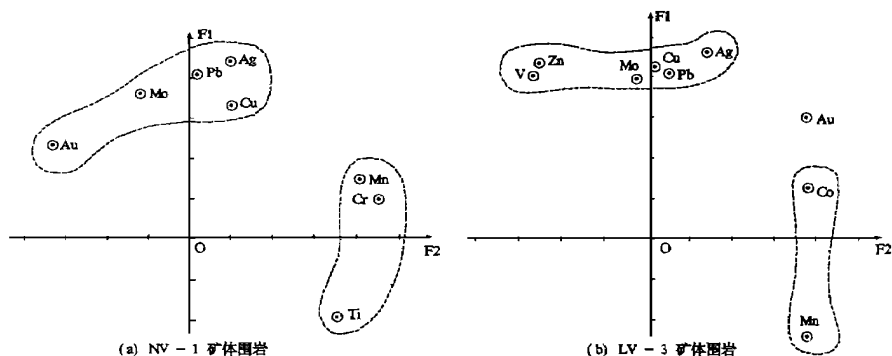


图 5 矿体围岩微量元素 R 型因子分析初始载荷平面图

Fig 5 Coordinate diagram showing factor loading of minor elements in altered wallrocks

A1(Cu、Pb、Ag、Zn、Au、Mo、- Mn、V、Mo)

A2(Mn、Au、Co、- V、- Zn)

这两组关联代表的主因子地质意义如下:

(i) F1 主要反映成矿元素组合, 因 V 与金属硫化物有一定的伴生规律^[3]故加入了此关联, 故 F1 正端表示蚀变矿化作用越强, 围岩原有组份比例越小, 负端反之。

(ii) F2 正端表示围岩原有组份, Mn、Co 等铁族元素赋存于造岩矿物之中, Au 也赋存于围岩中, 参加了本关联正端, 表明 Au 有部分来源于围岩, 负端代表了成矿元素, 此关联也说明了围岩原有组份比例与矿化强弱的关系。

从因子载荷平面图可知: A 区元素组合与原有组份有关, B 区代表成矿元素组合, 与 NV-1 不同的是, Au 与两区域的关系都密切, 综上所述, F1 反映了围岩原有组份及与蚀变矿化关系, F2 反映了 Au 的来源及矿化与蚀变关系。

3 结论

(1) 碾子沟-洛金洼金矿床发育有强烈的围岩蚀变, 碾子沟区硅化、绢云母化、碳酸盐化强烈发育, 洛金洼区还发育有强烈的绿泥石化、绿帘石化, 且晚期有黄铁矿-石英细脉的叠加, 它们都是重要的找矿标志。

(2) 围岩蚀变的类型及强度制约着元素的带入迁出及富集, 蚀变强烈的碎裂蚀变岩中, Au 及成矿元素富集, NV-1 矿体蚀变后期的碳酸盐化也使 Au 含量增加, 但不利 Cu、Zn 沉淀, LV-3 蚀变后期的石英-黄铁矿细脉的叠加, 使 Au 及成矿元素富集。

(3) 通过聚类分析和 R 型因子分析结合基础地质资料, 总的来看, 伴随蚀变增强, 矿化作用越强, Au 与 Pb、Ag、Cu 等成矿元素相关性好, 成矿元素主要是成矿热液带入围岩, 但在蚀变过程中, 也有部分成矿元素从围岩淋滤到热液中。

致谢: 本文工作得到了何知礼教授的悉心指导, 野外工作承蒙平泉县黄金管理局马红奎、魏学瑞、赵化云等大力支持, 赵莽栓协助参加了野外工作, 借此致谢!

参考文献

1. 徐九华, 倪文, 赵彦生. 豫西小秦岭东沟金矿床围岩蚀变研究. 地质找矿论丛, 1990, 5(1)
2. 汪东波. 湖北竹山洞沟 An-Ag-Pb-Zn 矿床围岩蚀变的地球化学研究. 地质找矿论丛, 1993, 8(2)
3. 刘英俊、曹励明. 元素地球化学. 科学出版社, 1987
4. 黎彤. 地壳元素丰度若干统计特征. 地质与勘探, 1992, 28(10): 1~7
5. 杨敏之. 金矿床热蚀交代作用地球化学的稀土元素地球化学及其研究方法. 见: 矿床地质与矿床地球化学研究新进展. 兰州: 兰州大学出版社, 1990
6. Xu Jiuhua, etc. Mineralogical and wallrock Alteration at Jinqinding Gold Deposit in Jiao Dong Peninsula, Chian. Explor. Mining Geol. 1994, Vol. 3, No. 1
7. Ohlander B and Markkula H. Alteration associated with the gold-bearing quartz veins at Middagsberget, northern Sweden. Mineral Deposita, 1994, Vol. 29, 120~127

A STUDY ON ALTERED WALLROCK'S MINOR ELEMENT AT NIANZIGOU-LUOJINGWA GOLD DEPOSIT IN PINGQUAN COUNTY HEBEI PROVINCE

Bie Fenglei

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

Xu Jiuhua

(University of Science and Technology, Beijing, 100083)

Abstrace

Nianzigou-Luojingwa gold deposit located in north-east Hebei Province is situated in the north China platform. It is a gold-polymetallic sulfide deposit emplaced in the S-N faults within the Archean metamorphic strata and magmatic intrusion massif.

The wallrocks are mainly biotite-plagioclase gneiss, biotite-hornblende plagioclase gneiss, granodiorite and diorite-porphyrity, and quartz-monzonite-porphyry at Nian zigou area. Field geology and observation on microsections showed that wallrock alterations are dominated by sericitization, silicification and carbonation. The chloritization, epidotization and overlapped pyritization are also found in Luojingwa area.

Elemental migration and enrichment are constrained by alteration type and intensity. In cataclastic wallrocks within strong alteration zone Au and ore-forming elements are concentrated. Carbonation of late alteration in NV-1 makes Au rich. Overlapped pyrite-quartz veins in LV-3 causes enrichment of Au and metallic elements without precipitation of Cu and Zn.

Cluster analysis and factor analysis indicate that mineralization elements are mainly brought in wallrocks by hydrothermal fluid and the hydrothermal fluid takes some elements away from the wallrocks. In general, the more altered, the more mineralized.

Key words pingquan, wallrock alteration, minor element, mineralization, factor analysis