

九对沟金矿物化探特征及找矿方向

李长城, 曹志强, 陈春娥, 韩文德, 温春贵

(中国冶金地质勘查工程总局 第三地质勘查院, 山西 忻州 034000)

摘要: 九对沟金矿床受火山角砾岩体及张扭性断裂带控制; 成矿元素在角砾岩体中富集; 水系沉积物异常显示出矿致异常的特征; 共圈定了土壤地球化学单元异常 46 处, 其中具有找矿意义的组合异常 5 个; 发现的 3 处微电异常中有两处与化探异常、矿化体叠合性良好。该区的物化探异常显示出矿床有较好的找矿前景。

关键词: 九对沟金矿床; 物化探特征; 火山角砾岩; 找矿方向; 山西省

中图分类号: P618.51; P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)03-0203-05

九对沟金矿床产于火山角砾岩体内部构造裂隙中, 是与火山-次火山作用有关的中低温热液型矿床, 与堡子湾金矿床一样, 均生成于海西末-印支期, 受多期次、多阶段岩浆岩及构造的影响, 岩浆活动与金的成矿关系最密切。

1 矿床地质概况

矿区位于华北地台与内蒙地轴接壤部位, 在区域上位于大同-阳高弧形断裂带的转弯处, 采凉山菱形断块的北端。区内出露的地层主要为太古界集宁群右所堡下段, 广泛发育于全区, 由一套变质程度很深的灰色-灰黑色黑云斜长麻粒岩夹紫苏斜长片麻岩及少量的混合岩组成, 中生界侏罗系仅在矿区北东部零星出露。区内构造复杂, 岩浆活动频繁, 主要断裂为 NE 和 NW 向两组。海西末-印支期断裂构造为九对沟-胡成岭-胡窑张扭性断裂带, 属阳高山前破碎带的二级构造, 是矿区内最大的断裂。长度大于 25 km, 宽 800~1 200 m, 总体走向 80°; 倾角 70°~85°; 该断裂严格控制了印支期岩浆活动和火山-次火山作用的范围; 是区内主要的导岩、导矿和控岩、控矿构造。带内分布有 2 个角砾岩体和 2 个岩浆岩体, 从西向东依次为: 九对沟火山角砾岩体、堡子湾隐爆角砾岩体; 羊爪沟石英二长斑岩体、胡窑石英二长岩体, 经 K-Ar 法测得同位素年龄值为 247.3 Ma。岩浆活动主要产生于印支期, 分布有饮牛沟煌斑岩、长石石英斑岩等, 其次为吕梁期变辉绿岩。由

于岩浆活动引发岩石爆破、热液分异, 促使金及其他金属矿化沉淀, 形成本区含金的火山角砾岩体(图 1)。

九对沟金矿床产于火山角砾岩颈顶部位的浅灰色角砾岩体中, 受 NNE 向断裂及角砾岩体内部裂隙控制, 线性特征明显。全区共圈出 5 个金矿体, 均赋存在火山角砾岩体的中部及前缘空隙中, 具分支复合、膨胀收缩、尖灭再现的特征。

2 物化探特征

2.1 岩石微量元素特征

从岩石微量元素特征(表 1)中可以看出, 成矿元素 Au 及其伴生元素 Ag, As, Sb 在矿化角砾岩中的浓度克拉克值均大于 12×10^{-9} , 变异系数在 0.43~1.29 之间。表明这些元素在矿化角砾岩中最为富集, 且离散程度小, 分布均匀。在其他地质体中也相对富集, 但富集程度偏低, 且离散程度高, 只能产生零星矿化。

$w(\text{Ag})$ 在各岩性中的平均值普遍较高, 均高于地壳克拉克值, 其中细晶正长岩、矿化角砾岩, 浓度克拉克值分别为 98.05×10^{-6} 和 44.54×10^{-6} , 即强烈富集。

As 在各岩性中除辉云煌斑岩外, 均高于地壳克拉克值, 即富集。其中矿化角砾岩浓度克拉克值达 94.63×10^{-6} , 表明 As 在矿化角砾岩中具有强烈富集能力。变异系数除细晶正长岩、辉绿岩外, 均大于 1, 表明其余岩性在有利部位可形成弱矿化。

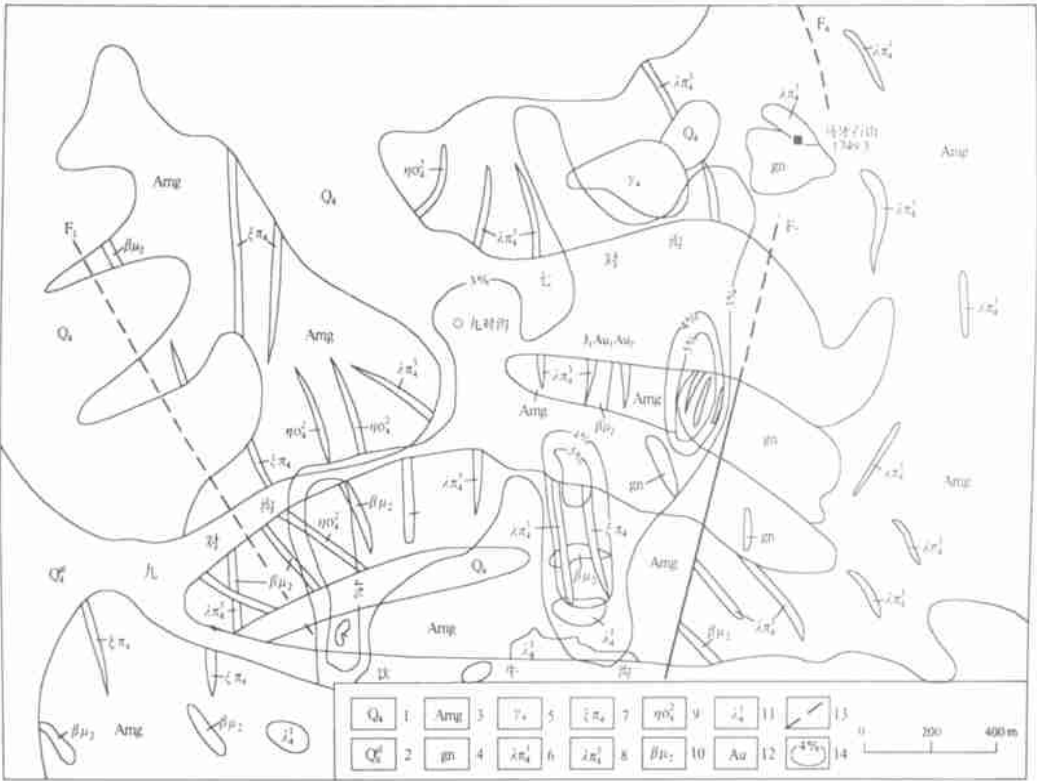


图 1 阳高县九对沟金矿地质物化探平面图

Fig. 1 Geological and geophysical & geochemical plane map of Jiuduigou Au mine

1. 第四系 2. 河床冲积物 3. 麻粒岩 4. 火山角砾岩 5. 云母花岗岩 6. 石英斑岩 7. 长石石英斑岩
8. 花岗岩 9. 石英二长斑岩 10. 变辉绿岩 11. 煌斑岩 12. 金矿体 13. 断裂 14. 激电异常

表 1 九对沟矿区主要岩性微量元素特征

Table 1 Micro-element composition of the major rocks in Jiuduigou mine area

元素	Au			Ag			As			Sb		
特征值	<i>x</i>	<i>v</i>	<i>kk</i>	<i>x</i>	<i>v</i>	<i>kk</i>	<i>x</i>	<i>v</i>	<i>kk</i>	<i>x</i>	<i>v</i>	<i>kk</i>
长石石英斑岩	80.98	1.49	20.24	0.81	1.66	11.54	8.89	1.84	4.94	1.21	1.11	1.02
石英斑岩	18.41	1.88	8.85	0.39	0.74	5.68	11.18	1.28	6.18	0.94	1.05	0.85
矿化角砾岩	693.9	1.29	173.5	3.12	0.74	44.54	170.34	0.69	94.63	14.34	0.43	12.04
火山角砾岩	36.9	1.09	9.2	1.18	0.88	16.88	5.79	1.62	3.22	1.10	1.11	1.0
辉云煌斑岩	7.8	1.36	1.94	1.94	0.82	27.68	1.64	1.35	0.91	0.27	0.27	0.24
细晶正长岩	29.8	0.50	7.44	6.86	0.51	98.05	40.74	0.37	22.64	0.37	0.35	0.34
辉绿岩	4.61	0.52	1.15	0.31	0.55	4.45	1.28	0.61	0.71	0.23	0.10	0.21

注: $w(\text{Au})/10^{-9}$, $w(\text{Ag}, \text{As}, \text{Sb})/10^{-6}$ 。

在矿化角砾岩、长英岩、火山角砾岩中 $w(\text{Sb})$ 的平均值高, 浓集克拉克值 $> 1 \times 10^{-6}$, 即富集。其他岩性中均较低, 浓度克拉克值 $< 1 \times 10^{-6}$, 即贫乏。其中矿化角砾岩浓度克拉克值大于其他岩性, 达 12.04×10^{-6} , 表明在该岩性中具有强烈富集能力。长英岩、石英斑岩、火山角砾岩变异系数大于 1, 表明这几种岩性在有利部位可形成弱矿化。

依据浓度克拉克值, Au 富集程度由高到低依次

为矿化角砾岩→长石石英斑岩→火山角砾岩→石英斑岩→细晶正长岩→辉云煌斑岩→辉绿岩。

综上所述, 本区成矿元素主要在矿化角砾岩体中富集成矿, 矿化角砾岩是引起本区异常的主要岩性。

2.2 水系沉积物异常特征

该异常为 Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn 元素组合异常见表 2, 平面形态近圆形, 发育面积 26 km^2 , w

(Au) 平均值为 13.64×10^{-9} , $w(\text{Ag})$ 平均值为 0.129×10^{-6} 。该异常分带清晰, 浓集中心明显, 组合元素多, 且含量高, 具有良好元素组分分带, 由 Au, Ag 浓集中心向外为 Au, Ag, As, Pb, Sb, $\text{Cu} \rightarrow \text{Au}, \text{Ag}, \text{As}, \text{Pb}, \text{As} \rightarrow \text{Au}, \text{Ag}$ 。晕宽由大到小为 $\text{Au} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow$

$\text{Cu} \rightarrow \text{As} \rightarrow \text{Sb}$ 。按规格化面金属量排序为 Au (43.56), Ag (37.46), Pb (20.20), Sb (18.90), As (11.16), Cu (7.43), Zn (0.56)。经岩石地球化学剖面检查表明, 水系沉积物异常重现性好, 元素组合齐全, 异常强度极高, 显示出了较好的矿致异常特征。

表 2 水系沉积物异常特征
Table 2 River sediment anomaly characteristics

异常形态					似圆形			
面积(km^2)					26			
元素组合					Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn			
元素	地壳丰度	背景值	异常下限	平均值	衬度	含量范围	变化系数	方差
Au	4.0	1.9	3.5	13.64	4.11	2.1~143.1	1.497	20.43
Ag	0.08	0.057	0.08	0.129	1.70	0.05~0.46	0.564	0.092
As	2.2	2.99	6.0	7.32	1.24	2.1~10.1	0.181	1.32
Sb	0.6	0.335	0.6	0.83	1.39	0.2~1.2	0.265	0.221

注: $w(\text{Au})/10^{-9}$, $w(\text{Ag}, \text{As}, \text{Sb})/10^{-6}$ 。

2.3 土壤地球化学异常特征

矿区共圈出 Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb 等 6 种单元元素异常 46 个, 经对比、筛选, 其中具有找矿意义及代表性的组合异常 5 个, 编号分别为 Au₁—Au₅, 其特征详见表 3。本区组合异常主要分布于九对沟矿区及测区南部, 沿角砾岩体及近 SN 向断裂展布, 反映了角砾岩体及断裂的成矿性。在 Au₁—Au₅ 号异常中, Au₁ 号异常位于九对沟村东, 并向南有延伸, 异常为不规则状, 面积为 0.16 km^2 。异常区内出露的岩性主要有麻粒岩、火山角砾岩、石英斑岩脉、长石石英斑岩脉等, 并发育有两条近 SN 向的断裂, Au₁ 号异常内部结构特征详见表 4。

表 3 土壤地球化学元素组合及 Au 异常内部结构特征
Table 3 Geochemical element combinations from soil survey and Au anomaly characteristics

异常编号	Au ₁	Au ₂	Au ₃	Au ₄	Au ₅
元素组合	Au Ag Cu As Sb Pb	Au Ag Sb Pb As	Au Ag Sb Cu (Pb)	Au Ag Pb	Au Ag Sb Pb As Cu
样点及可见率	72/75	38~39	11/12	40/49	7/7
含量范围	3.3~363.0	5.5~168.2	6.0~16.3	1.5~34.0	7.1~250.0
平均值	36.5	20.5	15.4	11.0	75.0
方差	62.4	26.3	14.6	6.4	93.5
衬度	5.62	3.15	2.36	1.70	11.5
变异系数	1.71	1.29	0.95	0.58	1.24
面积(km^2)	0.16	0.08	0.017	0.08	0.016

表 4 土壤地球化学异常内部结构特征

Table 4 Soil anomaly characteristics						
元素	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb
样点及可见率	72/75	40/43	4/4	5/5	21/21	4/4
含量范围	3.3~363.0	0.14~2.0	18.0~4.50	1.32~3.92	100~300	100
平均值	36.5	0.55	27.0	2.33	110	100
方差	62.4	0.33	10.6	0.87	42.6	0
衬度	5.62	1.84	2.25	1.94	1.10	1.54
变异系数	1.71	0.60	0.39	0.37	0.39	0
面积(km^2)	0.16	0.11	0.005	0.006	0.03	0.005

该异常出现南北两个浓集中心, Au 异常面积最大, Ag 异常次之, 两者大致吻合, As, Sb, Cu, Pb 异常分布于 Au, Ag 异常范围内, 且相互之间叠合较好, As, Sb, Cu 异常分布于 Au, Ag 异常南部浓集中心, 从 Au 异常浓集中心向外分为 Au, Ag, Cu, As, Sb, $\text{Pb} \rightarrow \text{Au}, \text{Ag}, \text{Cu} \rightarrow \text{Au}, \text{Ag}$ 。按晕宽由大到小为 Au, Ag, Cu, Sb, As, Pb。北部浓集中心位于矿化角砾岩体之上, 南部浓集中心可能为两条断裂向下延伸的交汇处, 推测异常为含 Au 角砾岩体及矿化断裂带所引起。

2.4 激电异常特征

从图 2 可以看出, 本区出现 3 处激电异常, 由东向西依次为 J₁, J₂, J₃, 分布在已知矿区及其西部一带。异常宏观走向为 NNE-NW 向, η_s 极大值一般在 4.5%~5.8% 之间, 等值线弯弯曲曲, 均表现为低缓异常之特征, 异常明显地反映了与本区主断裂相伴

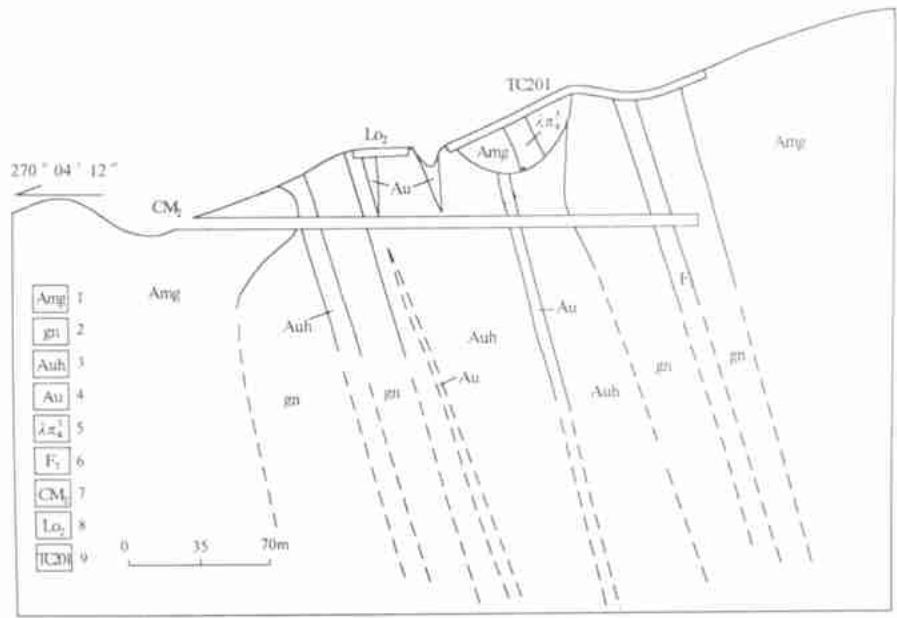


图 2 2号勘探线剖面图

Fig.2 Cross section of No. 2 line

1. 辉石斜长麻粒岩 2. 火山角砾岩 3. 金矿化带 4. 金矿体 5. 石英斑岩 6. 断裂破碎带
7. 坑道及编号 8. 露头点及编号 9. 槽探及编号

生的一系列次级断裂和火山活动频繁这一客观事实。本区所发现的 3 处异常,形态各异,均处在不同的地质单元之上。根据异常特征及所处的地质部位,现将这 3 处激电异常组合特征叙述如下:

(1) J₁ 激电异常: 位于矿区东部,按 $\eta_s = 3.5\%$ 计,为一长约 900 m、宽 100~350 m、宏观上为 NNE 走向的条带状异常,沿走向出现 3 个峰值,极大值为 5.8%,同时出现近 SN 走向的 Au, Ag 多元素组合异常两处(Au₁, Au₂),浓集中心位于火山角砾岩体之上,并沿区内南北向断裂向南延伸,异常峰值 $w(Au) = 363.0 \times 10^{-9}$, $w(Ag) = 2.00 \times 10^{-6}$,异常元素组合为 Au, Ag, Cu, Sb, As, Pb。目前矿区所圈出的 Au 矿体均产在此异常中。

(2) J₂ 激电异常: 分布在九对沟村南一带,异常形态复杂,按 $\eta_s = 3.5\%$ 计,为长度约 500 m、宽约 250 m,主体呈 NNW 向的月牙形异常,极大值为 5.4%,同时分布有次生晕 Au₃ 号异常,成矿条件十分有利。异常峰值分别为 $w(Au) = 61.3 \times 10^{-9}$, $w(Ag) = 0.92 \times 10^{-6}$,异常其他特征值均较小,异常元素组合为 Ag, Au, Sb, Cu, Pb。

(3) J₃ 激电异常: 位于矿区西南部,为 NW 走向的条带状异常, η_s 极大值为 5.6%。根据地球物理特征,异常主要与富含硫化物的 NW 向辉绿岩脉有关,

无明显的 Au, Ag 元素异常,尚无进一步工作意义。

3 矿床成因及控矿因素

3.1 矿床成因

九对沟金矿床形成于深部断裂, Au, Ag, As, Sb 高丰度的地球化学背景场中。印支运动以来,区内岩浆活动强烈、频繁,在结晶基底变质岩上叠加了火山碎屑岩、岩浆岩带和断裂构造活动,矿床受九对沟—胡成岭—胡窑张扭性断裂带控制。后期强烈的构造活动为成矿热液和成矿物质来源提供了有利的空间位置、运移通道及富集场所,使其沿火山角砾岩体中内部构造裂隙和 NNE 向断裂带富集成矿。

3.2 控矿因素

矿床严格受九对沟—胡成岭—胡窑张扭性断裂带控制,矿体产于火山角砾岩体中及与 F₇ 断裂破碎带大致平行的次级构造裂隙中。该角砾岩体为赋矿岩石,受后期断裂构造影响,在角砾岩中形成 NNE 向金矿体,外围麻粒岩中形成 NW 向金矿化带。

总之,本区矿体与矿化带受断裂构造控制较为明显,断裂的规模、形态、产状控制了金矿(化)体的空间位置。

4 找矿方向

堡子湾与九对沟金矿均位于阳高山前破碎带南侧的九对沟—胡成岭—胡窑二级断裂构造中,是与印支期火山-次火山作用有关的隐爆角砾岩型金矿。堡子湾金矿已证实为一中型隐爆角砾岩型金矿床,区内出露地层主要为太古界集宁群右所堡组下段,由一套变质程度很深的灰色—深灰色麻粒岩、片麻岩组成,主要受九对沟—胡成岭—胡窑张扭性断裂带控制,走向 NEE。角砾岩体东西长约 3 000 m,南北宽几十至上百米,其形态为不规则带状。金矿体呈透镜状、囊状、瘤状、脉状分布于角砾岩体内部。据资料分析,化探异常和物探激电异常特征与九对沟矿区相似,且两矿区相距 9 km,具有相同的成矿地质条件,目前九对沟已发现有 5 条金矿体,产于火山角砾岩体中,故在九对沟矿区进一步开展找矿工作十分重要。

(1) 九对沟矿区具有较好的物化探组合异常,且

规模大、峰值高,相互叠合性好。异常元素分带清晰,浓集中心明显,是寻找金矿(化)体的有利地段。

(2) 火山角砾岩体以九对沟为中心,向东西均有零星出露,九对沟为岩浆上升的通道,两侧岩体顶部与围岩接触部位,是寻找金矿体的有利部位。

(3) 矿区内 F_1 与 F_7 两断层在饮牛沟呈扇形交汇,交汇部位是找矿的有利部位。

(4) 火山角砾岩体内部及附近均见到细脉状、透镜状金矿体,赋存标高均在地表或地表以下 30 ~ 50 m 的浅部,大部分形成独立的 Au 矿体,相互之间很难连为一体,那么深部是否有连为一体的可能(图 2)? 目前九对沟金矿区只在浅部有坑道工程控制,深部未做控制,因此向深部找矿意义极大。

参考文献:

[1] 袁见齐. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
[2] 李庆立, 崔文峰. 山西省阳高县堡子湾、九对沟金矿物化探工作报告[R]. 太原: 冶金部第三地质勘查局, 1992.

GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF
JIUDUIGOU Au MINE AND THE ORE-SEARCHING DIRECTION
LI Chang-cheng, CAO Zhi-qiang, CHENG Chun-e, HAN Wen-de, WEN Chun-gui
(The Third Geology and mineral Resources Exploration Institute, China Metallurgical geoexploration
and Engineering Bureau, XinZhou 034000, China)

Abstract: Jiuduigou Au deposit is controlled by volcanic breccia body and compressional faults. Ore elements are concentrated in the berccia body. River sediment anomly is characterized by ore-causing anomly. 46 soil anomlies are outlined in geochemical survey. Five of the 46 are valuable for further exploration. 3 induced polarization anomlies are overprinted by geochemical anomlies and the known mineralization. Results of geophysical and geochemical survey show a prospect for the mine.
Key words: Jiuduigou gold mine; geohysical and geochemieal characteristics; volcanic breccia; ore-searching direction; Shanxi province