

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2022.01.05

引用格式: 郝智慧,胡二红,张善明,等. 内蒙古额济纳旗半岛山金锑矿区地质特征及成矿潜力[J]. 中国地质调查,2022,9(1): 41–53. (Hao Z H,Hu E H,Zhang S M,et al. Geological characteristics and metallogenic potential of Bandaoshan gold – antimony ore area in Ejina Banner of Inner Mongolia[J]. Geological Survey of China,2022,9(1): 41–53.)

内蒙古额济纳旗半岛山金锑矿区地质特征及成矿潜力

郝智慧¹, 胡二红², 张善明^{2,3}, 王跃飞², 张克俭²,
邓晓宁², 王江², 苏海霞⁴, 丁禹升¹, 李文²

(1. 鄂尔多斯市地质调查监测院, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 2. 内蒙古第八地质矿产勘查开发
有限责任公司, 内蒙古 乌海 016000; 3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,
北京 100083; 4. 鄂尔多斯市自然资源局, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

摘要: 内蒙古额济纳旗半岛山金锑矿区位于北山成矿带南带,宏观上具有寻找中—大型金矿的潜力。运用地质—地球物理—地球化学综合找矿方法进行分析,认为半岛山金锑矿区矿源层为长城系古铜井群下岩性组变质岩系,矿(化)体分布于脆—韧性构造控制的蚀变带内,区内石英细网脉或大脉发育,后期多次的变形变质作用叠加改造,使金进一步富集成矿,具典型造山型金矿特征,成矿潜力很大。对该区成矿特征研究既可指导下一步找矿方向,同时也可可在北山南带韧性剪切带内寻找同类型矿产开拓思路、提供借鉴。

关键词: 金锑矿; 地质特征; 综合找矿方法; 造山型金矿; 成矿潜力; 内蒙古额济纳旗

中图分类号: P618 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095–8706(2022)01–0041–13

0 引言

北山造山带位于中亚造山带南缘,是中亚成矿域的重要组成部分,其中蕴藏着丰富的矿产资源,分布有拾金坡、新老金厂、小西弓、金窝子、花黑滩、黑山咀、老铜沟、交叉沟等多处金矿床(点)^[1–8],是我国西北地区重要的金矿集中区^[9–11]。张善明等^[12]认为北山南带分布着众多受韧—脆性构造蚀变带控制的金矿床(点),此类矿化的显著特征是石英微细脉或构造蚀变岩含矿且富,而围岩几乎不含矿,短距离内金品位变化剧烈;王军^[13]认为该区域金的物质来源于长城系和前长城系变质岩系以及华力西期岩浆岩,成矿早期为韧性剪切变形变质作用过程中形成含金变质流体,后期多次的变形变质作用叠加及岩浆流体叠加改造使金进一步富集成矿。众多金矿床(点)的成矿研究亦发现韧—脆性变形构造

控制着北山南带金矿(化)体的形成、就位^[13–15]。

内蒙古额济纳旗半岛山地区东距额济纳旗政府所在地达来呼布镇约130 km,南距酒泉市约220 km,是以金锑为主的金多金属成矿有利区。该区金锑主要由褶皱核部的韧—脆性变形构造所控制。从区域上看,盘陀山—半岛山—老铜沟褶皱系的韧性剪切带内分布多处金锑多金属矿点,局部已富集成矿,如盘陀山金矿点、红石山南锑金矿区、古铜井金矿区等,成矿潜力很大。笔者通过对文献资料的综合研究、野外分析验证等工作,总结了研究区金锑多金属矿的成矿特征,认为该地区通过进一步勘查有望取得找矿突破,同时为北山南带韧性剪切带内寻找同类型矿产开拓思路、提供借鉴。

1 区域地质背景

研究区大地构造位置位于华北板块、塔里木板块和哈萨克斯坦板块的交汇部位,花牛山—老铜沟

收稿日期: 2021–07–29; 修订日期: 2021–10–12。

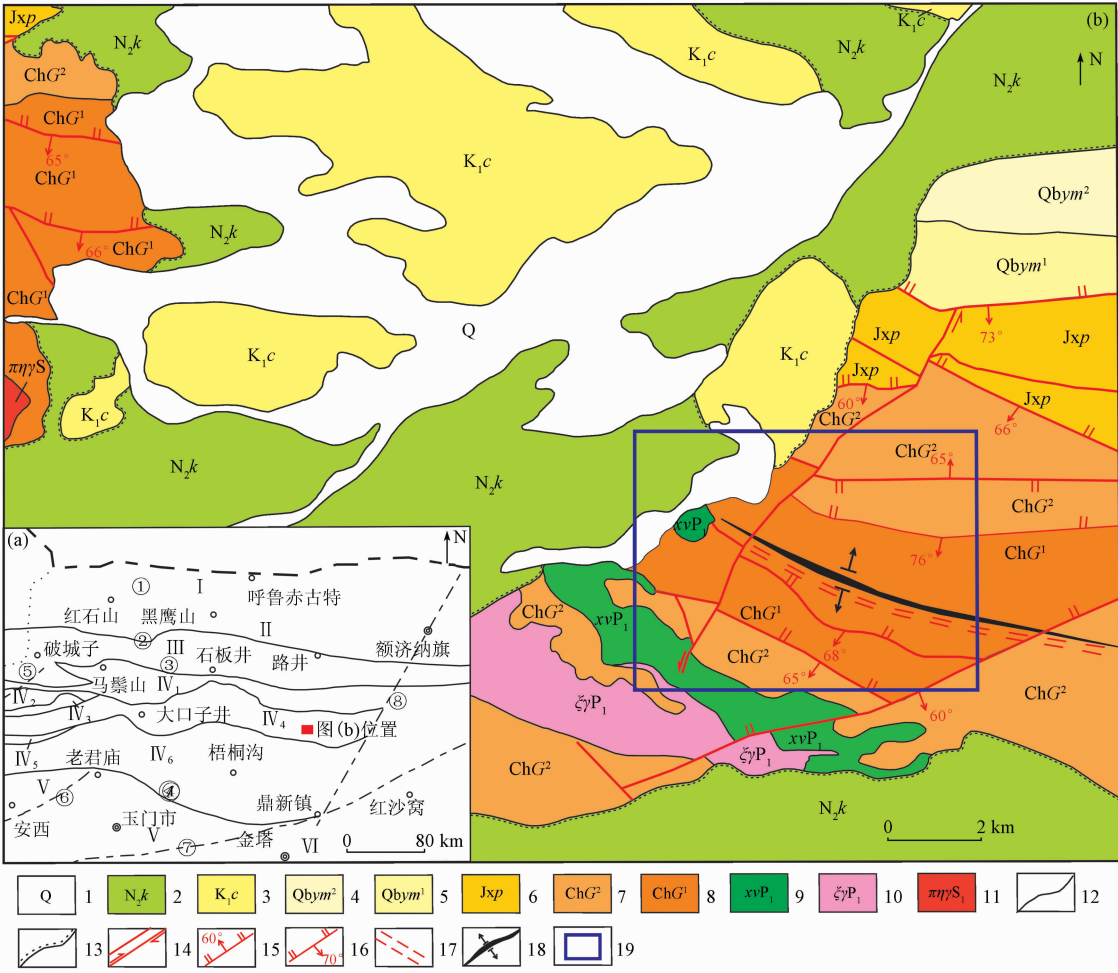
基金项目: 内蒙古自治区自然资源厅“内蒙古自治区额济纳旗平台山等二幅1:5万区域矿产地质调查(编号: NMKD2016–06)”与“内蒙古自治区额济纳旗微波山稀有稀土金属矿普查(编号: 20–1–KC01)”项目联合资助。

第一作者简介: 郝智慧(1986—),女,工程师,主要从事矿区地质调查及矿山储量管理工作。Email: 114202844@qq.com。

通信作者简介: 胡二红(1986—),男,工程师,主要从事区域矿产地质调查工作。Email: nmhuerhong@126.com。

中元古代—早古生代多旋回裂谷东段(图 1(a)), 总体上为一近 EW 向展布的构造—岩浆活动带^[16-18]。区域内地层出露较为齐全, 主要从古元古界长城系古铜井群、蓟县系、青白口系的浅变质岩系到古生界寒武系一二叠系、新生代新近系及第四系, 各类沉积地层均有不同程度的出露。区域内岩浆活动较为强烈, 总体上分 2 期侵入。第一期为

华力西早期运动发生的侵入活动, 是较广泛、剧烈的一次侵入活动, 有大小不等的中细粒、中粗粒黑云母花岗岩侵位于长城系古铜井群中。第二期为伴随印支早期运动发生的侵入活动, 侵位于第一期侵入岩与长城系古铜井群中。区内构造形迹以近 EW、NNW 向为主, NE 向次之, 主要表现为脆性断层、韧性变形带及褶皱等(图 1(b))。



①梧桐大泉—红石山—额济纳旗断裂; ②沙泉子—红尖兵山—路井断裂; ③星星峡—石板井—小黄山断裂; ④玉门关—垒墩泉—鼎新断裂; ⑤黑石山—狼山—北大山断裂; ⑥三危山断裂; ⑦阿尔金南缘断裂; ⑧鼎新—额济纳旗断裂; I. 大南湖—雀儿山—狐狸山多期增生岛弧; II. 红石山—路井—雅干晚古生代裂谷; III. 星星峡—早山—珠斯楞地块; IV. 北山裂谷带; IV₁. 红柳园—小黄山早古生代裂谷; IV₂. 营毛沱—白湖中元古代—早古生代多旋回裂谷; IV₃. 荒草滩—平头山微地块; IV₄. 花牛山—老铜沟中元古代—早古生代多旋回裂谷; IV₅. 明舒井—低山头微地块; IV₆. 红柳园—白山堂中元古代—古生代多旋回裂谷; V. 敦煌地块; VI. 阿拉善地块; 1. 第四系; 2. 上统苦泉组; 3. 下白垩统赤金堡组; 4. 青白口系野马街组上段; 5. 青白口系野马街组下段; 6. 蓟县系平头山组; 7. 长城系古铜井群上岩性组; 8. 长城系古铜井群下岩性组; 9. 早二叠世细粒辉长岩; 10. 早二叠世正长花岗岩; 11. 早志留世二长花岗斑岩; 12. 整合地质界线; 13. 角度不整合界线; 14. 性质不明断层及平移断层; 15. 实测正断层; 16. 实测逆断层; 17. 韧性剪切带; 18. 复式背斜; 19. 研究区范围。

图 1 半岛山矿区大地构造位置 (a)^[19] 及区域地质简图 (b)^[20]

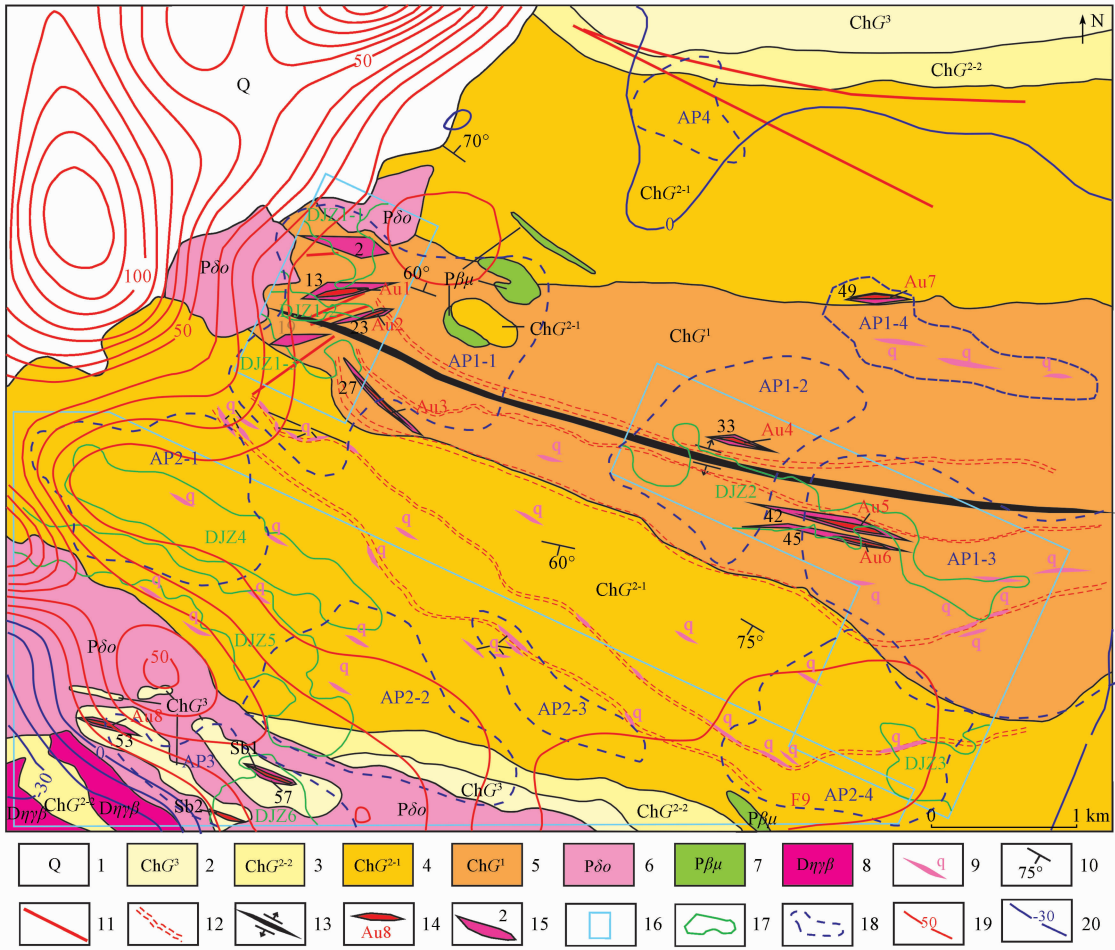
Fig. 1 Geotectonic location (a)^[19] and regional geological diagram (b)^[20] of Bandaoshan ore area

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区主要出露地层为元古宇长城系古铜井群 (ChG)和第四系(Q),其中古铜井群分为上、中、下 3 个岩性组,中岩性组(ChG²)由于厚度较大又细分为上、下 2 个岩性段。古铜井群下岩性组 (ChG¹) 主要岩性为浅灰色、灰色薄层粉砂岩,灰褐色粉砂

岩,褐灰色绢云母千枚岩夹长石石英砂岩,以强变形、弱变质、劈理、片理、(密集)石英脉发育为特征;中岩性组下段(ChG²⁻¹)主要岩性为变质绢云石英粉砂岩、变质绢云石英砂岩等,粉砂岩与砂岩互层;中岩性组上段(ChG²⁻²)主要岩性为灰白色中—厚层状变质石英细砂岩,偶夹粉砂岩、石英方解大理岩;上岩性组(ChG³)主要岩性为灰白色中—厚层状变质石英细砂岩夹少量中—薄层状变质长石石英砂岩(图 2)。



1. 第四系; 2. 长城系古铜井群上岩性组; 3. 长城系古铜井群中岩性组上段; 4. 长城系古铜井群中岩性组下段; 5. 长城系古铜井群下岩性组; 6. 二叠纪石英闪长岩; 7. 二叠纪辉绿岩; 8. 泥盆纪黑云母二长花岗岩; 9. 石英脉; 10. 地层产状; 11. 脆性断层; 12. 韧性变形带; 13. 半岛山复式背斜; 14. 矿体及编号; 15. 矿(化)体及编号; 16. 1:1 万激电中梯测量范围; 17. 1:1 万激电中梯异常; 18. 1:1 万土壤地球化学异常; 19. 1:5 万高精度磁法测量 ΔT 等值线正异常(单位: nT); 20. 1:5 万高精度磁法测量 ΔT 等值线负异常(单位: nT)。

图 2 研究区综合地质图
Fig. 2 Comprehensive geological map of the study area

2.2 岩浆岩

区内岩浆岩分布较广,走向近 EW—NWW。侵入时代有泥盆纪和二叠纪,岩浆活动频繁具多期演化特征,基性辉绿岩—酸性岩均有出露;辉绿岩明

显受区域构造控制,呈岩株、岩枝状产出;泥盆纪黑云母二长花岗岩与二叠纪石英闪长岩在研究区南侧分布,呈大的岩基、岩株产出。尤其是二叠纪石英闪长岩与长城系古铜井群接触部位形成金锑

矿化,显示岩浆作用成矿特征(图 2)。

2.3 构造

区域上发育不同层次的线状构造,区内构造形迹以断裂构造为主,褶皱次之,主构造线方向为 NWW 向。研究区构造较为复杂,主要有半岛山复式背斜、脆性断层和韧性剪切带(图 2)。

(1)褶皱构造。区内褶皱构造主要为半岛山复式背斜,该复式背斜呈 NWW 向展布于研究区中部,规模大,东延出区外,背斜南翼产状为(190°~210°)∠(35°~54°),北翼产状(340°~10°)∠(60°~78°),地层为长城系古铜井群下岩性组绢云母粉砂岩、粉砂岩夹细砂岩,两翼地层为中、上岩性组对称分布。轴面向西南中等角度倾斜,倾角 50°~60°,总体为北陡南缓的斜歪褶皱。背斜核部及两翼发育多条小型脆韧性剪切带,岩石片理化较强,小型揉皱构造发育,呈倾竖褶皱,翼部发育次级小褶皱,轴面与地层产状一致。NW 向断层对其有明显的破坏。

(2)韧性剪切带。区内脆韧性构造较为发育,其规模均较大,主要发育于长城系古铜井群下岩性组内,呈 NWW—近 EW 向,地表不连续出露,宽度变化较大,在 0.5~15 m 不等,局部发育石英脉透镜体及辉绿岩脉,变形强弱差异较大,强变形域内矿物细粒化明显,而弱变形域内岩石主要表现为片理化。从石英脉排列方式、揉皱样式等形迹判别,剪切带主要具左行剪切特征。韧性剪切带次一级构造近 SN 向羽状裂隙发育,该期次裂隙内发现多

处金矿化线索,主要控制金锑矿(化)体的形态。

(3)脆性断裂。研究区内脆性断裂在褶皱北翼发育,规模均较小,主要表现为 NWW 向,有少量的 NE 向,对矿(化)体有破坏作用。

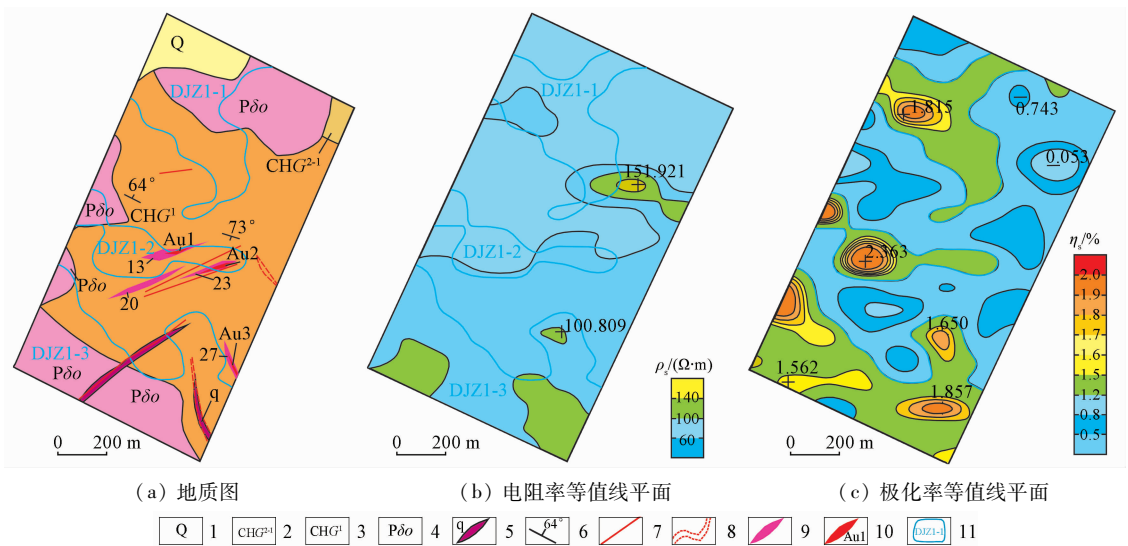
2.4 围岩蚀变

围岩蚀变主要有黄铁矿化、褐铁矿化、孔雀石化、硅化、绢云母化、绿帘石化,深部还可见碎裂岩化、方铅矿化等。金锑成矿与黄铁矿化、褐铁矿化、孔雀石化、方铅矿化、硅化、碎裂岩化有关。

2.5 地球物理、地球化学特征

2.5.1 地球物理特征

1:5 万地面磁测结果显示:区内磁场特征较平缓,主要表现为北西部较高,对应为第四系,基岩地区较平缓,局部显示异常,含矿地质体引起的磁异常十分微弱(图 2)。1:1 万激电测量显示:研究区视极化率变化范围在 0.16%~4.25%,平均值为 1.70%,总体属低极化背景区,视极化率异常特征突出,边界清晰,形态规整,异常以 NW 向条带状、NE 向等轴状分布为主(图 2),等值线较宽缓,显示极化体有一定埋深。DJZ1 视极化率异常以 1.5% 圈定(图 3),分解为 3 个子异常。DJZ1-1 异常西侧未封闭,走向 NNW,东侧见分叉,形成“剪刀型”特征,异常长约 500 m,宽约 100 m,视电阻率明显分带,50 Ω·m 等值线从中间穿过;该异常内 Au、As、Hg、Sb、Cu 化探异常显著。DJZ1-2 异常走向 NWW,整体呈串珠状连续分布,异常长约 500 m,



1. 第四系; 2. 长城系古铜井群中岩性组下段; 3. 长城系古铜井群下岩性组; 4. 二叠纪石英闪长岩; 5. 石英脉; 6. 地层产状; 7. 脆性断层及编号; 8. 韧性断层及编号; 9. 金矿化体及编号; 10. 金矿体及编号; 11. 激电中梯极化率异常及编号。

图 3 研究区 DJZ1 激电异常剖析

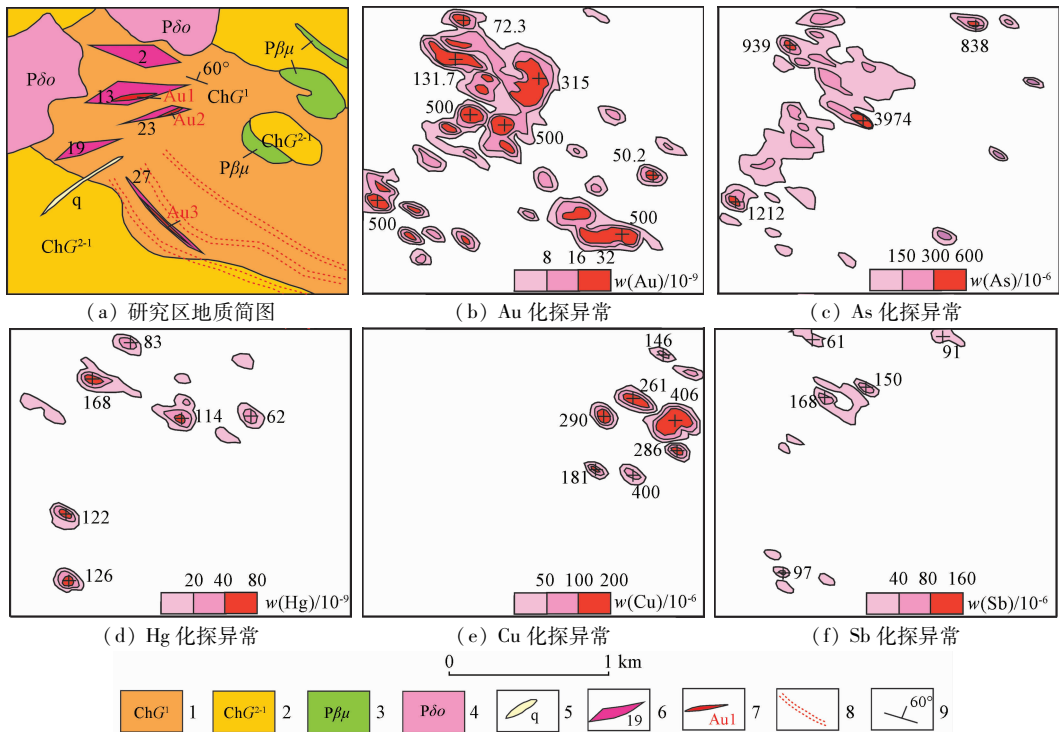
Fig. 3 DJZ1 induced polarization abnormal profile of the study area

宽 120 ~ 180 m,异常强度偏弱;该异常 Au、As、Sb 化探异常显著,经槽探及钻探工程,发现了 13 号、20 号、23 号等多条较大规模的矿化体,其中 Au1、Au2 矿体分布于该异常内。DJZ1 - 3 异常走向 NW,异常强度偏弱,异常规模较大,东、南、西侧均未封闭,在异常东北角发现了 27 号矿化体及 Au3 矿体,显示成矿有利地段激电中梯异常特征为高极化率、中低电阻率(图 3)。

2.5.2 地球化学特征

研究区 1:5 万化探异常以 Au、As、Sb 元素为主,伴有 Zn、Ni、W、Cr 等元素。主要单元素异常规模大、强度高,浓集趋势明显,套合良好,组合复杂,反映出一套高一中一低温元素组合特征。从异常特征来看,Au、As、Sb 元素的异常最强:Au 极大

值为 272.8×10^{-9} ,平均值为 15.64×10^{-9} ;As 极大值为 508×10^{-6} ,平均值为 88.7×10^{-6} ;Sb 极大值为 281×10^{-6} ,平均值为 42.9×10^{-6} ;异常处与 NW 向韧性剪切带控制的金矿(化)体套合良好,成矿特征显著。1:1 万化探在研究区内共圈定 10 个综合异常(图 2),其中 API - 1 异常元素种类多,元素套合好,浓集中心明显,主要异常元素为 Au、Cu、As、Sb、Hg 等(图 4)。其中 Au 极大值为 500×10^{-9} ,平均值为 76.41×10^{-9} ;Cu 极大值为 406×10^{-6} ,平均值为 233.96×10^{-6} ;As 极大值为 3974×10^{-6} ,平均值为 268.93×10^{-6} ;Sb 极大值为 168×10^{-6} ;Hg 极大值为 168×10^{-9} 。此外,Bi、Pb、W 等元素均为 3 级浓度。目前,异常内发现了 Au1、Au2 矿体和多条金矿化体,显示为矿致异常。



1. 长城系古铜井群下岩性组; 2. 长城系古铜井群中岩性组下段; 3. 二叠纪辉绿岩; 4. 二叠纪石英闪长岩; 5. 石英脉; 6. 矿化体; 7. 金矿体及编号; 8. 韧性剪切带; 9. 地层产状。

图 4 研究区 API - 1 化探异常剖析

Fig. 4 API - 1 geochemical anomaly profile of the study area

3 矿化特征

3.1 矿(化)体特征

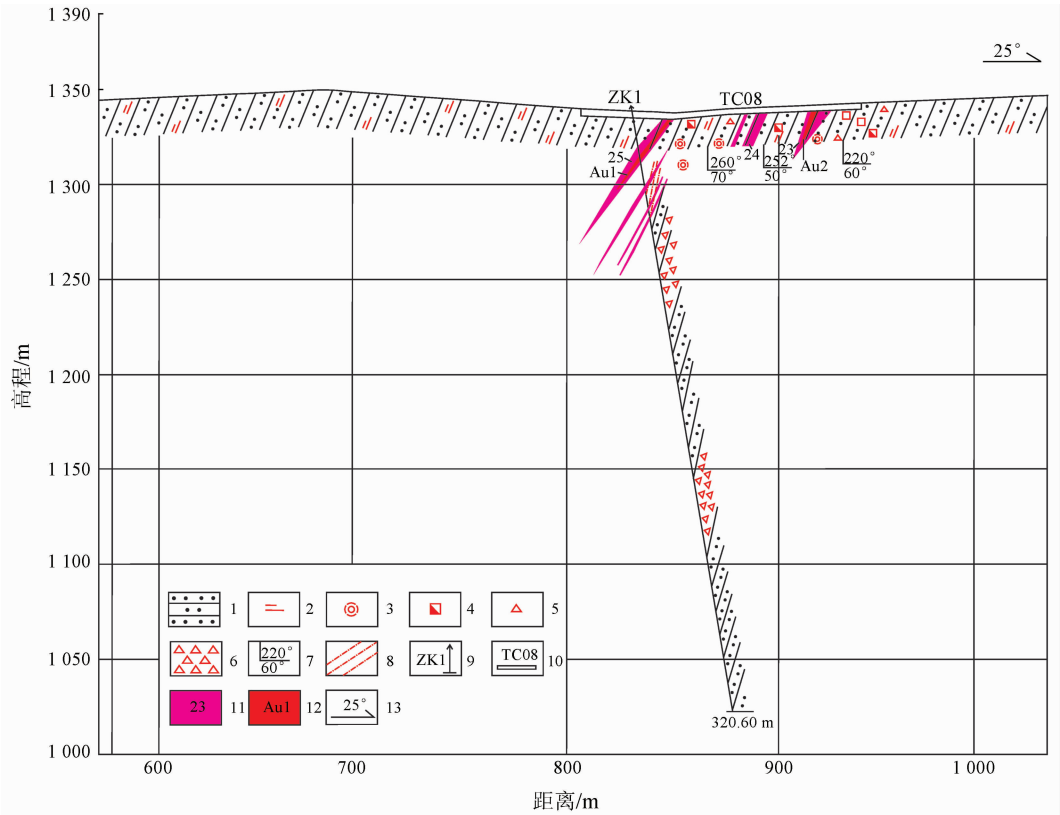
研究区有规模较大的金多金属矿化体 11 条,金矿体 8 条,Sb 矿体 2 条(图 2),重要矿(化)体特征叙述如下,其他矿(化)体特征见表 1。

13 号金矿(化)体由 TC29、TC03 - 1、TC05 等探槽及钻孔 ZK1 控制,为一脉状体,走向 77°,倾向

北,倾向 44°,长度 174.00 m,矿体厚度 1.67 ~ 15.08 m,平均厚度 8.17 m。含矿岩石为灰褐色、褐色粉砂岩、硅化变质粉砂岩,主要矿化蚀变为褐铁矿化、硅化、绢云母化。矿化体中 Au 品位 0 ~ 4.99 g/t,平均品位 0.86 g/t。其内圈定了 Au1 矿体,长度 100 m,厚度约 4.60 m,Au 品位 1.51 ~ 4.99 g/t,平均品位 2.87 g/t。ZK1 显示矿(化)体在深部有下延趋势,且局部存在盲矿(化)体(图 5)。

表 1 研究区其余主要矿体、矿化体特征

编号	矿化类型	埋深/ m	走向/ (°)	倾向/ (°)	倾角/ (°)	长度/ m	厚度/ m	平均厚 度/m	$w(\text{Au})/(\text{g}\cdot\text{t}^{-1})$	$w(\text{Sb})/\%$
									样品范围	平均值
2	金矿化体	0~40	105	NE	70	108	0.97~20.07	8.73	Au: 0~0.46	Au: 0.22
49	金矿化体	0~20	91	NE	78	40	16.22	16.22	Au: 0~0.32	Au: 0.19
53	金锑矿化体	0~60	113	SW	71	83	0.88~2.10	1.51	Au: 0~3.07; Sb: 0.015~0.21	Au: 0.49; Sb: 0.11
Au7	金矿体	0~20	91	NE	78	40	1.15	1.15	Au: 11.50	Au: 11.50
Au8	金矿体	0~19	113	SW	71	40	0.54	0.54	Au: 2.94~3.07	Au: 3.01
Sb2	锑矿体	0~19	112	SW	68	40	1.41	1.41	Sb: 0.68~1.21	Sb: 0.95



1. 变质粉砂岩; 2. 绢云母化; 3. 硅化; 4. 褐铁矿化; 5. 碎裂岩化; 6. 破碎带; 7. 产状; 8. 韧性剪切带; 9. 钻孔及编号; 10. 探槽及编号; 11. Au 矿化体及编号; 12. Au 矿体及编号; 13. 剖面方位。

图 5 研究区 I-1 勘探线剖面

Fig. 5 Profile of I-1 exploration line in the study area

19 号金矿化体由探槽 TC28、TC29、TC03 控制,为一脉状体,走向 69°,倾向南,倾角 49°,长度 214.00 m,矿体厚度 0.87~10.04 m,平均厚度 5.50 m。含矿岩石为灰褐色、褐色粉砂岩和硅化变质粉砂岩,主要矿化蚀变为褐铁矿化、硅化、绢云母化。矿化体中 Au 品位 0~0.67 g/t,平均品位 0.22 g/t。

23 号金矿(化)体由 TC08、TC30 探槽控制,为一脉状体,走向 72°,倾向南东,倾角 52°,长度 189 m,矿体厚度 0.71~5.91 m,平均厚度 3.33 m。含矿岩石为硅化变质粉砂岩,主要矿化蚀变为褐铁矿化、绢云母化。矿化体中 Au 品位 0.06~5.87 g/t,

平均品位 1.59 g/t。其内圈定了 Au2 矿体,长度 40 m,厚度约 1.91 m,Au 品位为 3.56~5.78 g/t,平均品位 4.43 g/t。

27 号金矿(化)体由 TC35 控制,脉状体,走向 133°,倾向南西,倾角 64°,长度 40 m,矿体厚度 0.71~5.91 m,平均厚度 3.33 m。含矿岩石为硅化变质粉砂岩,主要矿化蚀变为褐铁矿化、硅化、绢云母化。矿化体中 Au 品位 0.18~4.63 g/t,平均品位 2.66 g/t。其内圈定了 Au3 矿体,长度 40 m,厚度约 1.44 m,Au 品位为 4.19~4.63 g/t,平均品位 4.38 g/t。

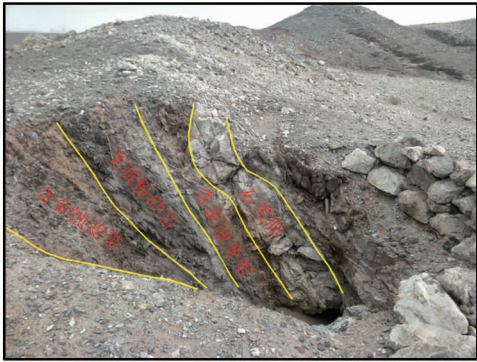
33 号金矿(化)体由 TC17、TC41 控制,脉状体,

走向 109°,倾向南西,倾角 76°,长度 132 m,矿体厚度 2.17 ~ 10.56 m,平均厚度 7.30 m。含矿岩石为硅化变质粉砂岩,主要矿化蚀变为褐铁矿化、硅化、绢云母化。矿化体中 Au 品位 0 ~ 5.78 g/t,平均品位 0.94 g/t。其内圈定了 Au4 矿体,长度 132 m,厚度约 1.40 m,Au 品位为 1.88 ~ 5.78 g/t,平均品位 4.05 g/t。

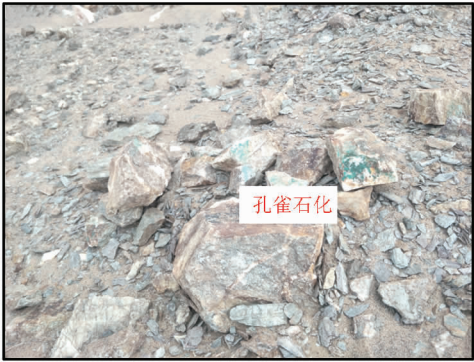
42 号金矿(化)体由 TC21、TC42、TC43 控制,脉状,走向 101°,倾向南西,倾角 76°,长度 198 m,矿体厚度 0.77 ~ 10.58 m,平均厚度 4.75 m。含矿岩石为绢云母化变质粉砂岩、褐铁矿化粉砂岩,主要矿化蚀变为褐铁矿化、硅化、绢云母化。矿化体

中 Au 品位 0 ~ 8.98 g/t,平均品位 0.84 g/t。其内圈定了 Au5 金矿体,长度 79 m,厚度约 1.47 m,Au 品位 1.51 ~ 8.89 g/t,平均品位 4.99 g/t。

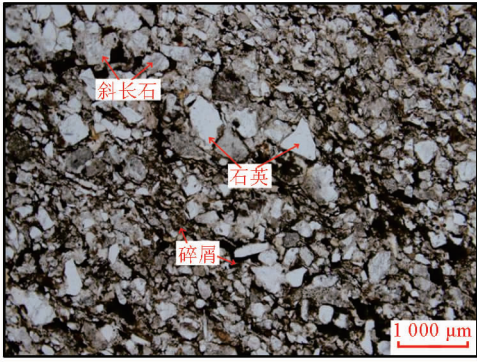
45 号金矿(化)体由 TC21、TC42、TC43、ZK14 控制,脉状,走向 104°,倾向南西,倾角 62°,长度 192 m,矿体厚度 0.86 ~ 6.18 m,平均厚度 3.88 m,含矿岩石为绢云母化变质粉砂岩、褐铁矿化粉砂岩(图 6(a)),主要矿化蚀变为褐铁矿化、孔雀石化(图 6(b))。矿化体中 Au 品位 0 ~ 6.33 g/t,平均品位 0.70 g/t。其内圈定了 Au6 金矿体,长度 40 m,厚度约 2.17 m,Au 品位为 1.21 ~ 6.33 g/t,平均品位 3.03 g/t。



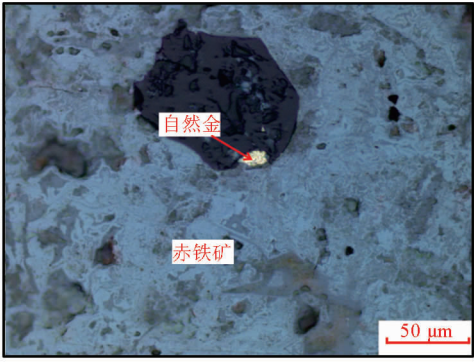
(a) Au6 处含金蚀变带露头



(b) 矿石中孔雀石化特征



(c) 变质粉砂岩镜下照片(薄片)



(d) 矿石矿物镜下特征(光片)

图 6 研究区矿石野外露头及显微照片

Fig. 6 Field and microscopic photos in the study area

57 号金铋矿化体由 TC62、T53 - 2、TC63、TC64、ZK15 控制,走向 129°,倾向南西,倾角 32°,长度 196 m,矿化体厚度 8.91 m,赋存于长城系古铜井群上岩性组灰白色 - 褐色变质石英细砂岩中,主要矿化蚀变为褐铁矿化、硅化、黄铁矿化。该矿化体规模较大,主要矿化为金铋矿化,其中 Au 品位 0 ~ 0.82 g/t,平均品位 0.1 g/t; Sb 品位 0.008 6% ~ 1.08%,平均品位 0.31%; 该矿化体 Pb 含量较高,在 0.002 6% ~ 0.62%,平均品位 0.27%。其内圈

定了 Sb1 铋矿体,长度 40 m,厚度约 2.82 m,Sb 品位 0.83% ~ 1.08%,平均品位 0.96%。

3.2 矿石特征

研究区含金岩石主要为变质粉砂岩,半自形晶粒状结构,稀疏浸染状构造,具弱定向排列(图 6(c))。含铋岩石主要为变质石英细砂岩,半自形 - 他形粒状结构,块状、稀疏浸染状构造。矿石矿物主要有赤铁矿、自然金(图 6(d))、磁黄铁矿、黄铁矿、辉铋矿、钛铁矿、黄铜矿等。脉石矿物主要有斜

长石、石英、绢云母、黑云母、碳质、角闪石、绿泥石、碳酸盐矿物等。

3.3 矿床成因及找矿标志

3.3.1 矿床成因

研究区主要矿源层为长城系古铜井群下岩性组褐铁矿化变质粉砂岩、绢云母化粉砂岩,金锑矿(化)体往往产于脆-韧性构造变形带及其周边的次级裂隙内,以及石英细脉、网脉或大脉与围岩接触裂隙处,矿石主要为浸染状、网脉状,因此认为该区金锑矿床成因类型具韧性剪切带型、构造蚀变岩型和石英脉型多重特征,可纳入造山型金矿范畴^[21]。

3.3.2 找矿标志

(1)地层标志。长城系古铜井群下岩性组变质粉砂岩、绢云母化粉砂岩是金锑多金属矿的矿源层,矿(化)体发育处褐铁矿化、硅化、碎裂岩化强烈,是主要的地层找矿标志。

(2)构造标志。矿(化)体主要位于半岛山褶皱的核部,矿(化)体与脆韧性剪切带构造密切相关,金矿化体多处位于脆韧性剪切带内或其周边的次级裂隙内,并发育褐铁矿化蚀变带,是主要构造找矿标志。

(3)岩浆标志。矿(化)体发育之处往往伴生大规模的石英大脉、细脉、网脉,金锑矿(化)体往往赋存于石英细脉、网脉或大脉与围岩接触部位的褐铁

矿化蚀变带处,个别脉体即为矿(化)体。因此,大规模的石英大脉、细脉、网脉是重要的金找矿标志。

(4)地球化学标志。矿(化)体发育之处套合 Au、Sb、As、Hg 化探元素异常,因此,Au-Sb-As-Hg 异常组合明显地段是金锑矿的主要地球化学标志。

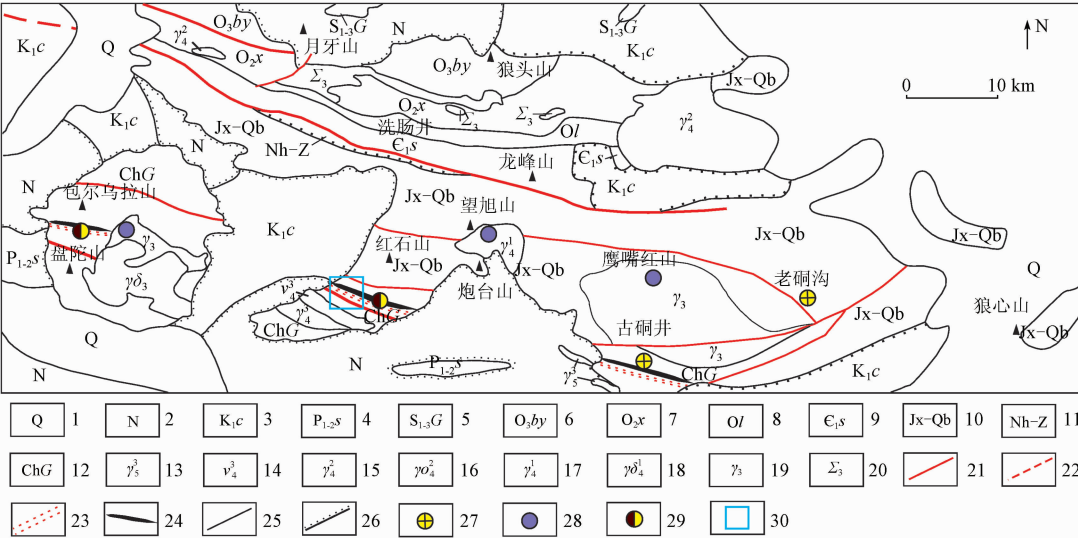
(5)地球物理标志。矿(化)体产出位置往往表现为高极化率、中低电阻率特征,显示金锑多金属矿化引起了低阻、高极化激电异常,该异常地段是寻找金锑矿的有利地段。

(6)矿化蚀变标志。地表强褐铁矿化-孔雀石化-硅化-绢云母化组合以及深部黄铁矿化-黄铜矿化(方铅矿化)-硅化-绢云母化-碎裂岩化是金锑矿直接的找矿标志。

4 成矿潜力分析

4.1 区域成矿条件

研究区是寻找金锑多金属矿的有利地区,有众多的钨、金、锑等矿床(点)分布,包含老铜沟金矿、红石山南锑金矿点、盘陀山西金矿点、古铜井金矿点等(图 7)。经对比发现,以上矿床(点)的产出地质条件、矿化类型极为相似(表 2),地球化学异常组合也基本均以 Au、As、Sb 为主要组合,显示盘陀山-半岛山-古铜井一带金多金属矿成矿条件非常优越。



1. 第四系; 2. 古近系; 3. 下白垩统赤金堡组; 4. 下-中二叠统双堡塘组; 5. 志留系公婆泉群; 6. 上奥陶统白云山组; 7. 中奥陶统咸水湖组; 8. 奥陶系罗雅楚山组; 9. 下寒武统双鹰山组; 10. 蓟县系一青白口系; 11. 南华系一震旦系; 12. 长城系古铜井群; 13. 燕山晚期花岗岩; 14. 华力西晚期辉长岩; 15. 华力西中期花岗岩; 16. 华力西中期斜长花岗岩; 17. 华力西早期花岗岩; 18. 华力西早期花岗闪长岩; 19. 加里东期花岗岩; 20. 加里东期超基性岩; 21. 实测性质不明断层; 22. 推测断层; 23. 脆韧性剪切带; 24. 背斜褶皱; 25. 地质界线; 26. 角度不整合界线; 27. 金矿点; 28. 钨矿点; 29. 锑金矿点; 30. 研究区范围。

图 7 盘陀山—古铜井一带矿产地质简图^[22]

Fig. 7 Geological map of mineral resources in Pantuoshan - Gudongjing area^[22]

表 2 盘陀山—古铜井一带金锑多金属矿(床)点成矿对比

矿床(点)	大地构造位置	成矿地质背景	矿床地质特征	矿床成因
老 铜 沟 金 多 金 属 矿 床	位于塔里木板块与哈萨克斯坦板块缝合带南侧,属天山兴蒙造山系东天山延伸部分 ^[7]	位于盘陀山—古铜井复背斜轴部,地层主要有中上元古界长城系古铜井群、蓟县系—青白口系及第四系。侵入岩主要为志留纪细粒黑云二长花岗岩及中粗粒似斑状黑云二长花岗岩组成。脉岩较发育,主要为中酸性岩脉。构造主要为断裂构造,以近 SW、NW 向 2 组为主,次为 NE、SN 向断裂,不同方向的断裂相互交切,形成菱形网格 ^[23]	圈定矿体 55 条,矿床平均品位: Au 3.44 g/t, Ag 122.90 g/t, Pb 3.17%, Cu 0.41%, As 5.49%, 查明总资源量 Au 矿石量 1 396 523.29 t, Au 金属量 (122b) + (333) + 伴生合计 4 747.05 kg; 控制的经济基础储量 (122b) Au 矿石量 342 326.96 t, Au 金属量 1 714.24 kg; 推断的内蕴经济资源量 (333) Au 矿石量 709 356.33 t, Au 金属量 2 983.39 kg; 伴生 Au 矿石量 344 840.00 t, 伴生 Au 金属量 49.42 kg ^[24]	溶洞型、构造蚀变岩型
红 石 山 南 锑 金 矿 点	位于华北板块、塔里木板块和哈萨克斯坦板块的交汇部位之花牛山—老铜沟中元古代—早古生代多旋回裂谷东段 ^[17-19]	位于盘陀山—古铜井复式背斜的核部, 出露地层为长城系古铜井群, 蓟县系平头山组, 呈 NWW 走向展布, 侵入岩为二叠纪石英闪长岩、闪长岩、安山玢岩, 区内分布盘陀山—古铜井韧性剪切带脆性断裂发育, 呈近 EW 向展布, 沿主干断裂两侧发育次级断裂, 早期表现为韧性剪切带, 晚期叠加脆性断裂 ^[25]	东矿段地表圈定 3 条 Sb 矿化体, Sb 含量 1.0% ~ 6.78%, 最高含量 11.57%, 伴生弱金矿化, 深部以金矿化为主; 西矿段分布 2 条规模较大的含金构造蚀变带 ^[25]	韧性剪切带型、构造蚀变岩型
盘 陀 山 东 金 矿 化 点	塔里木板块东北缘, 星星峡微板块与敦煌微板块的结合部位, 红柳河—洗肠井蛇绿构造混杂岩带南侧方山口—营毛沱—鹰嘴红山早古生代活动陆缘带内 ^[26]	位于盘陀山—古铜井复式背斜的核部。出露地层为长城系古铜井群, 发育有 NE 向脆性韧性剪切带, 岩浆岩主要有二叠纪石英闪长岩, 发育有近 EW 向二叠纪的辉绿岩脉岩, 围岩主要为硅化、褐铁矿化 ^[27]	圈定了 5 条矿化体, 其中 I 号矿化体长度大于 300 m, 厚 2.69 m, 产状为 190° ~ 195° ∠ 65° ~ 78°, 平均品位为 0.71 × 10 ⁻⁶ ; II 号矿化体长度大于 70 m, 厚 1.94 m, 产状为 150° ∠ 78°, 平均品位为 0.78 × 10 ⁻⁶ ; III 号矿化体长度大于 70 m, 厚 1.89 m, 产状为 12° ~ 19° ∠ 57° ~ 63°, 平均品位为 0.21 × 10 ⁻⁶ ; IV 号矿化体长度大于 100 m, 厚度大于 1.92 m, 产状 225° ∠ 75°, 平均品位为 0.97 × 10 ⁻⁶ ; V 号矿化体长度大于 100 m, 厚 3.35 m, 产状为 220° ∠ 60°, 平均品位为 0.52 × 10 ⁻⁶ ^[27]	韧性剪切带型、构造蚀变岩型
古 铜 井 金 矿 点	塔里木板块东北缘, 星星峡微板块与敦煌微板块的结合部位, 红柳河—洗肠井蛇绿构造混杂岩带南侧方山口—营毛沱—鹰嘴红山早古生代活动陆缘带内 ^[26]	位于盘陀山—古铜井东西向挤压带的东部, 出露地层为长城系古铜井群, 岩性为灰白色千枚状变质粉砂岩、变质砂岩。含金石英脉沿变质粉砂岩近 EW 向压扭性破碎带充填, 脉体倾向南 0° ~ 10° 西, 倾角 25° ~ 60°。北部被加里东期灰白色似斑状黑云母花岗岩侵入。围岩蚀变为硅化、褐铁矿化、碳酸盐化、孔雀石化 ^[25]	矿化带长 400 m, 宽 120 m, 呈脉群平行出露, 单个脉体中最宽 5 ~ 10 cm, 一般 1 ~ 2 cm, 向下延伸 > 15 m。含金石英脉倾向 S0° ~ 10° W, 倾角 25° ~ 60°, 区内分布多处开采老铜 ^[25]	石英脉型、构造蚀变岩型
半 岛 山 金 锑 矿 点	位于华北板块、塔里木板块和哈萨克斯坦板块的交汇部位之花牛山—老铜沟中元古代—早古生代多旋回裂谷东段 ^[17-19]	位于盘陀山—古铜井复式背斜的核部, 地层为长城系古铜井群, 发育有 NE 向脆性韧性剪切带, 岩浆岩主要有二叠纪的石英闪长岩和辉绿岩脉岩, 石英脉极其发育。围岩蚀变为硅化、褐铁矿化、绢云母化、孔雀石化等 ^[15]	在区内圈定了 98 条矿化体, 8 条金矿体, 2 条锑矿体; 矿体中金品位 1.21 ~ 11.5 g/t; Sb 品位 0.83% ~ 1.21%。预测 Au 矿石量 2.44 万 t, 平均品位 4.04 g/t, 金属量 98.51 kg; Sb 矿石量 0.25 万 t, 平均品位 0.81%, 金属量 20.25 t ^[15]	韧性剪切带型、构造蚀变岩型

4.2 成矿物质来源

前文分析显示, 长城系古铜井群以 Au、As、Sb 为主的亲铜族元素在该地层中表现为高背景, 而 Cu、Pb、Zn 则表现为后期叠加型富集元素, 这与该套地层中分布的 Au、Sb 多金属矿点的分布特征基

本一致, 表现出利于金(锑)矿形成的良好地质—地球化学条件, 为金锑多金属原始矿源层。研究区分布几条较大规模的石英脉带, 大型石英脉与围岩界面或裂隙面或细网脉穿插地段往往产出金锑多金属矿(化)体, 强烈的岩浆活动往往携带大量的流体

进入围岩的裂隙或界面内,从而形成大规模的脉岩群^[23],而大规模岩脉群是区域构造应力场由挤压向伸展转换阶段的产物,往往与成矿作用密切相关^[28],后期多次的变形变质作用叠加及岩浆流体叠加改造使金进一步富集成矿^[29]。另外,构造变形引发的动力分异作用形成的动力变质热液也是金成矿流体的主要来源^[30-31]。

4.3 构造控矿特征

韧性剪切带型金矿床是世界上最普遍和最重要的金矿类型之一^[32-34],区域成矿带受地壳级韧性剪切带的控制,而金矿床展布受次级韧性剪切带的控制,金矿化受韧性剪切带的变形强度控制,含金石英脉受韧性剪切带内 R、D 裂隙的控制^[34-39]。研究区内分布大量近 EW、NNW 向构造(褶皱、韧-脆性断层),不仅控制着地质体的分布,也控制着大部分矿(化)体的展布,另外派生裂隙也是含矿热液活动的通道和沉淀场所。区内的近 EW、NNW 向脆性构造是金锑矿的主要导矿构造,而韧-脆性断裂转换部位及褶皱核部的次级裂隙是金锑矿的主要沉淀空间。

4.4 找矿潜力及找矿方向

地球化学-地球物理测量显示,矿(化)体发育之处套合 Au、Sb、As、Hg 化探元素异常,激电异常呈现中低电阻率、中高极化率特征。图 2 显示,研究区除半岛山复式褶皱核部,其南侧化探异常 AP2 (AP2-1—AP2-4)一带内也具相似的地球物理-地球化学特征,建议继续加强地表追索。

陈衍景认为,造山型金矿包括常见的石英脉型、韧性剪切带型、构造蚀变岩型以及一些网脉状的金矿床^[21],是变质地体中受构造控制的脉状后生金矿床^[40-42],属造山带金矿中绿岩带金矿范畴,该类金矿体主要受转换断层、剪切带控制^[43]。研究区目前地表出露的矿(化)体均呈细网脉状、透镜状,被脆-韧性剪切带所控制,显示为造山型金矿的浅成 Au-Sb 矿特征,往下为中深的 Au-As-Te 矿和深成的 Au-As 矿^[43]。根据一般地质规律特征,深部可能出现较大规模的 Au-As-Te 矿体,图 5 中 ZK1 也佐证了深部成矿的可能性,应加强深部验证。

5 结论

(1)区域成矿条件显示,半岛山金锑矿区位于

盘陀山—半岛山—古铜井复式褶皱核部,区域上分布有成矿地质条件相似的老铜沟金矿、红石山南锑金矿点、盘陀山西金矿点、古铜井金矿点等。研究区内金锑矿(化)体形态、规模均受控于脆-韧性构造控制的蚀变带内,矿源层为长城系古铜井群下岩性组变质岩系,后期多次的变形变质作用叠加改造,使金进一步富集成矿,具典型造山型金矿特征,成矿潜力很大。

(2)地质-地球物理-地球化学综合找矿方法显示,矿(化)体发育处套合 Au、Sb、As、Hg 化探元素异常,激电异常显示中低电阻率、中高极化率特征,且深部有可能出现较大规模的 Au 多金属矿体。建议加强建立找矿模型,为北山南带同成矿条件区域找矿提供指导。

致谢:感谢内蒙古第八地勘公司何世明工程师和张浩浩工程师的辛勤付出和匿名审稿专家对本文成果的大力支持。

参考文献 (References):

- [1] 朱江. 北山造山带南带构造-岩浆建造与金多金属成矿[D]. 武汉:中国地质大学,2013:1-216.
Zhu J. Tectono-Magmatic Formation and Gold-polymetallic Mineralization in South Beishan Area, NW China[D]. Wuhan: China University of Geosciences,2013:1-216.
- [2] 朱江,吕新彪,莫亚龙,等. 甘肃拾金坡金矿床成因:来自⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年、成矿流体及 H-O-S 同位素证据[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2013,43(2):427-439.
Zhu J, Lyu X B, Mo Y L, et al. Ore genesis of the Shijinpo gold deposit in Gansu province, NW China: ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating, ore-forming fluid and H-O-S isotopes constrains[J]. J Jilin Univ: Earth Sci Ed,2013,43(2):427-439.
- [3] 朱江,吕新彪,彭三国,等. 甘肃拾金坡金矿床成矿过程中流体-岩石反应[J]. 矿物岩石地球化学通报,2014,33(3):334-341.
Zhu J, Lyu X B, Peng S G, et al. Fluid-rock interaction during mineralization of the Shijinpo gold deposit, Gansu, China[J]. Bull Mineral, Petrol Geochem,2014,33(3):334-341.
- [4] 胡朋. 北山南带构造岩浆演化与金的成矿作用[D]. 北京:中国地质科学院,2007:1-155.
Hu P. Tectonomagmatic Evolution and Gold Metallogeny in South Beishan Mountain, Northwest China[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences,2007:1-155.
- [5] 张善明,贺中银,韩志敏,等. 北山内蒙新发现的黑山咀南金多金属矿带地质特征及找矿潜力[J]. 地质与勘探,2018,54(5):890-901.
Zhang S M, He Z Y, Han Z M, et al. Geological characteristics and

- prospecting potential of newly discovered gold – polymetallic ore belts in South Heishanju, Beishan, Inner Mongolia[J]. *Geol Explor*, 2018, 54(5) : 890 – 901.
- [6] 张善明, 王根厚, 赵士宝, 等. 北山内蒙新发现的黑山咀金多金属矿区四级构造系统及其控矿规律研究[J]. *大地构造与成矿学*, 2020, 44(3) : 367 – 384.
- Zhang S M, Wang G H, Zhao S B, et al. Four – level ore – controlling structural system in the newly discovered Heishanju Gold Polymetallic Orefield, Beishan, Inner Mongolia [J]. *Geotecton Metall*, 2020, 44(3) : 367 – 384.
- [7] 钱建平, 符有江, 周永宁, 等. 内蒙古额济纳旗老硐沟金多金属矿区成矿构造系统解析和构造控矿规律[J]. *大地构造与成矿学*, 2018, 42(6) : 1046 – 1063.
- Qian J P, Fu Y J, Zhou Y N, et al. Analysis of the metallogenic structure system and the regularities of tectonic ore control of the Laodonggou Gold Polymetallic Mining Area, Ejinaqi, Inner Mongolia [J]. *Geotecton Metall*, 2018, 42(6) : 1046 – 1063.
- [8] 冯罡, 杨崇文. 内蒙古交叉沟地区金矿成矿地质特征及找矿方向[J]. *内蒙古科技与经济*, 2010(12) : 42 – 43, 45.
- Feng G, Yang C W. Metallogenic geological characteristics and prospecting direction of gold deposits in Jiaochagou area, Inner Mongolia [J]. *Inner Mongolia Sci Technol Econ*, 2010(12) : 42 – 43, 45.
- [9] 丁建华, 邢树文, 肖克炎, 等. 东天山—北山 Cu – Ni – Au – Pb – Zn 成矿带主要成矿地质特征及潜力分析[J]. *地质学报*, 2016, 90(7) : 1392 – 1412.
- Ding J H, Xing S W, Xiao K Y, et al. Geological characteristics and resource potential analysis of the Dongtianshan – Beishan Cu – Ni – Au – Pb – Zn Metallogenic Belts [J]. *Acta Geol Sin*, 2016, 90(7) : 1392 – 1412.
- [10] 聂凤军, 江思宏, 白大明. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 1 – 408.
- Nie F J, Jiang S H, Bai D M. Metallogenic Studies and Ore Prospecting in the Conjunction Area of Inner Mongolia Autonomous Region, Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region (Beishan Mt.), Northwest China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002: 1 – 408.
- [11] 聂凤军, 江思宏, 赵省民, 等. 北山北带古生代岩浆活动与金矿床的形成[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2000, 19(4) : 228.
- Nie F J, Jiang S H, Zhao S M, et al. Paleozoic magmatic activity and the formation of gold deposits in the northern belt of Beishan area [J]. *Bull Mineral, Petrol Geochem*, 2000, 19(4) : 228.
- [12] 张善明, 贺中银, 胡二红, 等. 内蒙古额济纳旗疙瘩井金矿区构造 – 蚀变 – 地球化学综合方法找矿研究[J]. *大地构造与成矿学*, 2018, 42(2) : 266 – 278.
- Zhang S M, He Z Y, Hu E H, et al. Integrated structure – alteration – geochemistry prospecting of the Gedajing Gold Mining Area in Ejina Banner, Inner Mongolia [J]. *Geotecton Metall*, 2018, 42(2) : 266 – 278.
- [13] 高永伟, 曹新志, 张旺生. 新疆北山 210 金矿床断裂构造控矿作用及成因机制[J]. *矿产与地质*, 2012, 26(2) : 114 – 118, 125.
- Gao Y W, Cao X Z, Zhang W S. Ore – controlling role of fault and genetic mechanism of the 210 gold ore deposit in Beishan area, Xinjiang Province [J]. *Miner Resour Geol*, 2012, 26(2) : 114 – 118, 125.
- [14] 陈柏林, 吴淦国, 叶得金, 等. 甘 – 新北山金窝子金矿田构造控矿解析[J]. *地球学报*, 2003, 24(4) : 305 – 310.
- Chen B L, Wu G G, Ye D J, et al. An analysis of ore – controlling structures in the Jinwozi Gold Orefield, Beishan Area, Gansu and Xingjiang [J]. *Acta Geosci Sin*, 2003, 24(4) : 305 – 310.
- [15] 内蒙古煤炭建设工程(集团)总公司. 内蒙古自治区额济纳旗半岛山东金多金属矿普查[R]. 2018: 1 – 85.
- Inner Mongolia Coal Construction Engineering (Group) Corporation. Gold polymetallic Ore Survey in the East of Bandaoshan, Ejina Banner, Inner Mongolia Autonomous Region [R]. 2018: 1 – 85.
- [16] 杨建国, 杨合群, 杨林海, 等. 北山地区北东向构造对金钨锡钼(稀土)矿床控制作用初探[J]. *大地构造与成矿学*, 2004, 28(4) : 404 – 412.
- Yang J G, Yang H Q, Yang L H, et al. Preliminary discussion on the controlling effect of the northeast – trending structure on the mineralization of Au – W – Sn – Mo(REE) deposits in Beishan, Gansu and Inner Mongolia [J]. *Geotecton Metall*, 2004, 28(4) : 404 – 412.
- [17] 贾元琴, 赵志雄, 许海, 等. 北山风雷山地区白山组流纹岩 LA – ICP – MS 锆石 U – Pb 年龄及构造环境[J]. *中国地质*, 2016, 43(1) : 91 – 98.
- Jia Y Q, Zhao Z X, Xu H, et al. Zircon LA – ICP – MS U – Pb dating of and tectonic setting of rhyolites from Baishan Formation in Fengleishan area of the Beishan orogenic belt [J]. *Geol China*, 2016, 43(1) : 91 – 98.
- [18] 胡二红, 张善明, 贺中银, 等. 内蒙古额济纳旗微波山地区土壤地球化学特征及找矿潜力[J]. *现代地质*, 2020, 34(6) : 1303 – 1317.
- Hu E H, Zhang S M, He Z Y, et al. Soil geochemical characteristics and metallogenic potential in Weibo Mountain Area of Ejina Banner, Inner Mongolia [J]. *Geoscience*, 2020, 34(6) : 1303 – 1317.
- [19] 杨建国, 王磊, 王小红, 等. 内蒙古北山额济纳旗小红山钒钛磁铁矿床 SHRIMP 锆石 U – Pb 定年及其意义[J]. *地质通报*, 2015, 34(9) : 1699 – 1705.
- Yang J G, Wang L, Wang X H, et al. SHRIMP zircon U – Pb dating of the Xiaohongshan vanadium – titanium magnetite deposit, Ejina Banner, Beishan, Inner Mongolia, and its geological implications [J]. *Geol Bull China*, 2015, 34(9) : 1699 – 1705.
- [20] 天津市地质调查研究院, 河北省区域地质矿产调查研究所. 内蒙古 1 : 5 万 1524. 6 高地 (K47E017013)、二龙包西 (K47E017014)、1580. 8 高地 (K47E018013)、炮台山西幅 (K47E018014) 区域地质矿产调查 [R]. 2016: 1 – 352.
- Tianjin Institute of Geological Survey, Hebei Provincial Institute of Regional Geology and Mineral Survey. Regional Geological and Mineral Survey of 1 : 50000 1524. 6 Highland (K47E017013),

- West Erlongbao (K47E017014), 1580.8 Highland (K47E018013) and West Paotai Mountain (K47E018014) in Inner Mongolia [R]. 2016: 1 – 352.
- [21] 陈衍景. 造山型矿床, 成矿模式及找矿潜力 [J]. 中国地质, 2006, 33(6): 1181 – 1196.
- Chen Y J. Orogenic – type deposits and their metallogenic model and exploration potential [J]. Geol China, 2006, 33(6): 1181 – 1196.
- [22] 赵鹏彬, 李维成, 罗乾周, 等. 内蒙北山鹰嘴红山花岗岩体形成时代及构造环境分析 [J]. 西北地质, 2019, 52(4): 1 – 13.
- Zhao P B, Li W C, Luo Q Z, et al. Formation age and tectonic environment of Yingzuihongshan granite in Beishan, Inner Mongolia [J]. Northwestern Geol, 2019, 52(4): 1 – 13.
- [23] 杜泽忠, 于晓飞, 李永胜. 内蒙古额济纳旗老硐沟金矿床地质特征 [J]. 矿物学报, 2015, 35(S1): 996 – 997.
- Du Z Z, Yu X F, Li Y S. Geological characteristics of Laodonggou gold deposit in Ejina Banner, Inner Mongolia [J]. Acta Miner Sin, 2015, 35(S1): 996 – 997.
- [24] 内蒙古自治区第八地质矿产勘查开发院. 内蒙古自治区额济纳旗老硐沟矿区金银矿生产详查报告 [R]. 2013: 1 – 278.
- The Eighth Branch of Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration & Development. Detailed Investigation Report of Lead – silver – gold Mine in Laodonggou Mining Area, Ejina Banner, Inner Mongolia Autonomous Region [R]. 2013: 1 – 278.
- [25] 陕西省地质调查中心. 内蒙古自治区阿拉善盟二龙包等四幅 1:5 万区域地质矿产调查报告 [R]. 2012: 1 – 334.
- Shaanxi Geological Survey Center. 1: 50000 Regional Geological and Mineral Survey Report of Erlongbao in Alxa League, Inner Mongolia Autonomous Region [R]. 2012: 1 – 334.
- [26] 高峰, 刘向伟, 营坤坤, 等. 内蒙古北山盘陀山—古硐井地区金矿矿床成因及远景评价 [J]. 西部资源, 2017(1): 8 – 10.
- Gao F, Liu X W, Jian K K, et al. Ore genesis and prospective evaluation of the gold deposits in the Pantuoshan – Gudongjing area, Inner Mongolia Beishan [J]. Western Resour, 2017(1): 8 – 10.
- [27] 陕西省地矿局地质调查院. 内蒙古额济纳旗二龙包西等四幅 1:5 万区域矿产地质调查成果报告 [R]. 2011: 1 – 363.
- Geological Survey Institute of Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resources. Geological survey Report of 1: 50000 Regional Mineral Resources in Erlong Baoxi, Ejina Banner, Inner Mongolia [R]. 2011: 1 – 363.
- [28] 罗照华, 卢欣祥, 王秉璋, 等. 造山后脉岩组合与内生矿作用 [J]. 地学前缘, 2008, 15(4): 1 – 12.
- Luo Z H, Lu X X, Wang B Z, et al. Post – orogenic dike complexes and implications for metallogenesis [J]. Earth Sci Front, 2008, 15(4): 1 – 12.
- [29] 王军. 甘肃北山南带韧性剪切带型金矿床(点)地质特征及找矿方向 [J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(S1): 33 – 35, 39.
- Wang J. Geological characteristics of ductile shearing zone type Au deposits and ore – searching direction in the South Belt, Beishan region, Gansu Province [J]. Contrib Geol Miner Resour Res, 2005, 20(S1): 33 – 35, 39.
- [30] 陈柏林, 杨农, 吴淦国, 等. 甘肃北山南带韧性剪切带型金矿床构造控矿解析 [J]. 矿床地质, 2002, 21(2): 149 – 158.
- Chen B L, Yang N, Wu G G, et al. Analysis of ore – controlling structure in ductile shear zone type gold deposits in southern Beishan area, Gansu Province [J]. Miner Deposits, 2002, 21(2): 149 – 158.
- [31] 翟裕生, 林新多. 矿田构造学 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- Zhai Y S, Lin X D. Ore Field Tectonics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993.
- [32] Bonnemaison M, Marcoux E. Auriferous mineralization in some shear – zones: A three – stage model of metallogenesis [J]. Miner Deposita, 1990, 25(2): 96 – 104.
- [33] Goldfarb R, Baker T, Dubé B, et al. Distribution, character and genesis of gold deposits in metamorphic terranes [M]//Hedenquist J W, Thompson J F H, Goldfarb R G, et al. Economic Geology 100th Anniversary Volume. Littleton, Colorado, USA: Society of Economic Geologists, 2005: 407 – 450.
- [34] 张忠义, 贺昕宇, 肖文进. 东天山中段晚古生代剪切带叠加特征及构造控矿作用 [J]. 矿产勘查, 2020, 11(11): 2341 – 2346.
- Zhang Z Y, He X Y, Xiao W J. Superposition of Late Paleozoic shear zones and its structural ore – controlling function in the central of Eastern Tianshan [J]. Miner Explora, 2020, 11(11): 2341 – 2346.
- [35] 何绍勋, 段嘉瑞, 刘继顺, 等. 韧性剪切带与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- He S X, Duan J R, Liu J S, et al. Ductile Shear Zone Structure and Metallogeny [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.
- [36] Eisenlohr B N, Groves D, Partington G A. Crustal – scale shear zones and their significance to Archaean gold mineralization in Western Australia [J]. Miner Deposita, 1989, 24(1): 1 – 8.
- [37] Vearncombe J R. Shear zones, fault networks, and Archean gold [J]. Geology, 1998, 26(9): 855 – 858.
- [38] Davis B K, Hippert J F M. Relationships between gold concentration and structure in quartz veins from the Hodgkinson Province, northeastern Australia [J]. Miner Deposita, 1998, 33(4): 391 – 405.
- [39] 李晓峰, 华仁民, 冯佐海. 韧性剪切带变形变质作用与金的矿化富集 [J]. 桂林工学院学报, 2001, 21(3): 207 – 212.
- Li X F, Hua R M, Feng Z H. Deformation – metamorphism and gold mineralization in ductile shear zone [J]. J Guilin Inst Technol, 2001, 21(3): 207 – 212.
- [40] Goldfarb R J, Groves D I, Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis [J]. Ore Geol Rev, 2001, 18(1/2): 1 – 75.
- [41] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre – Mariam M, et al. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types [J]. Ore Geol Rev, 1998, 13(1/2/3/4/5): 7 – 27.
- [42] Kerrich R, Goldfarb R, Groves D, et al. The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic

provinces[J]. Sci China Ser D:Earth Sci,2000,43(1):1-68.

[43] 卢焕章,池国祥,朱笑青,等. 造山型金矿的地质特征和成矿流体[J]. 大地构造与成矿学,2018,42(2):244-265.

Lu H Z,Chi G X,Zhu X Q,et al. Geological characteristics and ore forming fluids of orogenic gold deposits[J]. Geotecton Metall, 2018,42(2):244-265.

Geological characteristics and metallogenic potential of Bandaoshan gold – antimony ore area in Ejina Banner of Inner Mongolia

HAO Zhihui¹, HU Erhong², ZHANG Shanming^{2,3}, WANG Yuefei², ZHANG Kejian²,
DENG Xiaoning², WANG Jiang², SU Haixia⁴, DING Yusheng¹, LI Wen²

(1. Ordos Geological Survey and Monitoring Institute, Inner Mongolia Ordos 017000, China; 2. Inner Mongolia No. 8 Geological and Mineral Exploration and Development Co., Ltd, Inner Mongolia Wuhai 016000, China; 3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 4. Ordos Natural Resources Bureau, Inner Mongolia Ordos 017000, China)

Abstract: The Bandaoshan gold – antimony ore area in Ejina Banner of Inner Mongolia is located in the southern belt of Beishan metallogenic belt, with the medium – large gold deposits metallogenic potential from macroscopic scale. The source bed of the gold – antimony deposit in Bandaoshan is identified as metamorphic rock series of the Lower Lithologic Formation of the Gudongjing Group in Changchengian System, using the comprehensive prospecting method of geology, geophysics and geochemistry. The ore bodies are distributed in the alteration zone controlled by the brittle ductile structure, with fully developed quartz veinlets or veins. The gold is further enriched and mineralized by the superimposition of deformation and metamorphism in the later stage, which shows typical characteristics of orogenic type gold ore and great metallogenic potential. The research of metallogenic characteristics in this area would provide guides on the next prospecting direction, and references for the exploration of minerals with the same type in the ductile shear zone of the southern Beishan belt.

Keywords: gold – antimony ore; geological characteristics; comprehensive prospecting method; orogenic type gold ore; metallogenic potential; Ejina Banner of Inner Mongolia

(责任编辑：沈效群)