第56卷第6期 2023年(总232期) 西北地质

NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 56 No. 6 2023(Sum232)

DOI: 10.12401/j.nwg.2023148

甘肃北山南带前红泉金矿的发现及其找矿意义

杨镇熙',丁书宏',张晶',陈世明',王振',樊新祥',赵吉昌',刘建宏2

(1. 甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院,甘肃 酒泉 735000;2. 甘肃省地质矿产勘查开发局,甘肃 兰州 730020)

摘 要:甘肃北山南带是中国西北地区重要的金属矿床富集区,已发现多处韧性剪切带型金矿床 或与韧性剪切带有关的金矿床,但近年来该区有关韧性剪切带型金矿的研究和找矿勘查工作陷 入沉寂。前红泉金矿是在基础地质调查工作的基础上通过大比例尺化探手段逐步发现的中型金 矿床。通过野外勘查和室内综合研究发现,该金矿床产于长城纪古硐井群千糜岩、千枚岩和千 枚状板岩中,严格受NWW向韧性剪切带控制,硅化、毒砂化、绢云母化、黄铁矿化是与之关系密 切的矿化蚀变。区内金化探异常高值区及相关矿化蚀变可作为该矿床主要的找矿标志。前红泉 金矿的发现对北山南带寻找与韧性剪切带有关的金矿具有重要的指导意义,尤其是在勘查方法 手段选择、找矿思路及方向上具有一定的借鉴价值。文章提出已有矿床外围、深部及重要化探 异常区是下一步找矿突破的重点区域。

关键词:前红泉;韧性剪切带;金矿;找矿意义;北山地区

中图分类号: P612; P618.51 文献标志码: A

文章编号:1009-6248(2023)06-0274-11

The Discovery and Prospecting Significance of the Qianhongquan Gold Deposit in the South Beishan Orogenic Belt, Gansu Province, China

YANG Zhenxi¹, DING Shuhong¹, ZHANG Jing¹, CHEN Shiming¹, WANG Zhen¹, FAN Xinxiang¹, ZHAO Jichang¹, LIU Jianhong²

Fourth Institute of Geological and Mineral Exploration of Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources, Jiuquan 735000, Gansu, China;
Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources, Lanzhou 730020, Gansu, China)

Abstract: The southern belt of Beishan orogenic in Gansu is an important metallogenic concentration area in the northwest region of China, where numerous gold deposits of ductile shear zone-type or associated with such zones have been discovered. Nevertheless, research and prospecting activities focusing on ductile shear zone-type gold deposits in this region have undergone a period of relative dormancy in recent years. The Qianhongquan Gold Deposit is a medium-sized gold deposit that has been gradually discovered through large-scale exploration based on basic geological survey work. Through field exploration and indoor comprehensive research, it was found that the gold deposit is located in the mylonite, gneiss and phyllonite of the Gudongjing group, strictly controlled by the NWW ductile shear zone. Silicification, arsenopyritization, sericite alteration,

收稿日期: 2023-06-09; 修回日期: 2023-07-22; 责任编辑: 姜寒冰

基金项目:甘肃省省级重点人才项目"甘肃北山南带韧性剪切带型金矿成矿机制、成矿规律及找矿方向研究",甘肃省科技计 划项目(22JR5RA819),甘肃省基础地质调查项目(甘资财环[2020]28号),甘肃省地质勘查基金项目(202301-D01), 甘肃省地矿局创新资金项目(2022CX14、2022CX15)联合资助。

作者简介:杨镇熙(1988-),男,高级工程师,主要从事矿产地质调查及矿产勘查工作。E-mail: 786893434@qq.com。

and pyrite mineralization are closely related to mineralization alteration. The areas with abnormal high values of gold geochemical anomalies, and related mineralization alterations can serve as the main prospecting indicators for this deposit. The discovery of The Qianhongquan Gold Deposit has important guiding significance for searching for gold deposits associated with the ductile shear zone in the southern belt of Beishan orogenic, especially in terms of the selection of exploration methods, prospecting ideas and direction. The article proposes that the peripheral and deep parts of the existing deposits and important geochemical anomaly areas are the key ar-

eas for the next prospecting breakthrough.

Keywords: Qianhongquan; ductile shear zone; gold deposit; prospecting significance; Beishan region

韧性剪切带的概念及经典论著最早由 Sibson (1977)和 Ramsay(1980)等提出, 韧性剪切带型矿床的 研究起源于金矿,加拿大地质学家 Boyle(1979)首次 提出韧性剪切带型金矿的概念。四十多年以来,地质 学家在韧性剪切带的理论研究和应用实践方面取得 了重要进展,众多学者提出了一系列的剪切带成矿模 式,建立了典型剪切带型矿床的找矿模型(程南南等, 2018)。中国韧性剪切带型金矿的研究兴起于20世 纪90年代,国内典型韧性剪切带型金矿床主要位于 广东河台、新洲等地(王吉珺等, 1990; 段嘉瑞等, 1992)。地质工作者在韧性剪切带型金矿类型,剪切 带控矿机理研究,剪切带发展演化及其与区域岩浆活 动、流体作用的关系及剪切带型金矿产生的大地构造 环境等方面取得了较多成果(何绍勋等, 1992; 路彦明 等,2008;程南南等,2018)。陈柏林等(2000)最早提 出甘肃北山南带发育有韧性剪切带型金矿,并以小西 弓金矿为例对北山南带韧性剪切带型金矿成矿机理、 控矿特征、矿床成因、区域找矿潜力等开展了相关研 究工作(陈柏林等, 2002, 2007)。但是,近20年来甘肃 北山南带与韧性剪切带有关金矿的找矿勘查及科学 研究工作陷入沉寂。

北山地区地处西伯利亚、哈萨克斯坦和塔里木三 大板块交汇部位(图 1a),区内前寒武纪和古生代地层 大面积出露,深大断裂和韧性剪切带发育,加里东期 至印支期岩浆活动频繁,成矿条件十分有利(江思宏, 2006; 俞胜等, 2022)。北山成矿带是中国西北地区重 要的金矿床产出地段,已发现金矿床(点)上百处(江 彪等,2022;张振亮等,2022),中型金矿床有南金山、 460、小西弓、新(老)金厂、马庄山、拾金坡-南金滩、 金厂沟和北山金矿等;小型金矿床以狼娃山、扫子山、 金庙沟、金庙井和花牛山为代表(丁嘉鑫等, 2015; 陈 耀等,2023)(图 1b)。王世称等(2004)从统计学方法 研究大型、超大型贵金属和有色金属矿床发现,超大 型、大型矿床同中、小型矿床在空间上具有"鹤立鸡

群"的分布特征。甘肃北山地区金矿床(点)星罗棋 布,具备形成大型、超大型金矿的成矿地质条件,但已 报道的金矿床中尚未见资源量超过20t的大型矿床。 近年来,甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘 查院在北山南带新发现了前红泉金矿,经过4个年度 的普查工作,目前探获金推断资源量约为15.3 t,预计 普查工作结束后可达 25 t 以上, 具有形成大型以上金 矿床的潜力。笔者通过剖析该矿床的地质特征、发现 过程及找矿思路等,试图为地质工作者在甘肃北山地 区众多中、小型金矿中寻找"鹤"提供思路和方向。

区域地质背景 1

前红泉金矿位于甘肃北山南带,大地构造位置处 于塔里木陆块区敦煌地块(潘桂棠等, 2009), 属小西 弓---帐房山华力西期---印支期金、钨成矿带(陈毓川 等,2006;杨镇熙等,2020)。北山南带地区已发现以 小西弓、新(老)金厂、金庙沟等为代表的的金矿床 (点)50多处,占整个北山地区已发现金矿床(点)的一 半以上,是北山地区金矿找矿前景最好的区域。研究 区出露的前寒武纪地层以太古宙—古元古代敦煌岩 群、长城纪古硐井群及铅炉子沟群为主,是北山南带 地区石英脉型、蚀变岩型和韧性剪切带型金矿的主要 产出层位(王军等,2005)。其中,敦煌岩群为一套中 深变质岩系,二云石英片岩是主要的含矿岩性,以小 西弓金矿为代表(袁伟恒等, 2020);古硐井群是一套 浅变质碎屑岩夹碳酸盐岩建造,千枚岩、千枚状板岩 是主要的含矿岩性,以前红泉金矿为代表(赵吉昌等, 2021a);铅炉子沟群为一套变质火山碎屑岩、中-基性 火山岩、变质碎屑岩夹少量碳酸盐岩建造,绢云千枚 岩和变安山岩是主要赋矿岩石,以金庙沟金矿为代表 (周树明等, 2016)。区域上侵入岩极为发育, 岩性以 中酸性花岗岩类为主,基性、超基性岩较为少见,侵入 时代主要为蓟县纪、二叠纪以及三叠纪,形成于后碰



 1.第四系; 2.新近系; 3.白垩系; 4.侏罗系; 5.三叠系; 6.二叠系; 7.石炭系; 8.泥盆系; 9.志留系; 10.奥陶系;
11.寒武系; 12.青白口系; 13.蓟县系; 14.长城系; 15.古元古宇—太古界; 16.二叠纪石英二长闪长岩; 17.二叠纪 花岗岩; 18.石炭纪闪长岩; 19.石炭纪花岗闪长岩; 20.石炭纪英云闪长岩; 21.泥盆纪花岗闪长岩; 22.奥陶纪花 岗闪长岩; 23.奥陶纪英云闪长岩; 24.断裂; 25.韧性剪切带; 26.金矿床; 27.研究区范围

图1 甘肃北山区域地质简图(a 据 Jahn, 2002)

Fig. 1 Regional geological map of Beishan, Gansu Province

撞伸展环境的晚二叠世—早三叠世花岗岩类与前红 泉金矿空间上关系密切(杨镇熙等, 2021, 2022)。研 究区构造发育,近 EW 向断层和韧性剪切带截切 SN向、NE向及NW向3组断裂,是区域上最重要的 控岩、控矿构造。北山南带韧性剪切带西起白墩子, 向东在音凹峡南一带分叉,北支近 EW 向延伸至金庙 井以东,南支呈 SEE 向自小西弓、黄尖丘过帐房山掩 入第四系覆盖区,全长超过250 km,宽8~15 km。韧 性剪切带内岩石韧性变形明显,面理发育,其方向近 EW向,区内岩石按照韧性变形程度可分为3个构造 层次,前长城系中深变质岩与区内金成矿关系密切 (陈柏林等, 2002, 2007)。韧性剪切带及深大断裂是 区域上良好的赋矿构造,控制着区域各类地质体及矿 床(点)的展布,具有重要的成矿意义(丁书宏,2021)。 小西弓、金庙沟(井)和前红泉等多个金矿床与韧性剪 切带关系密切(图 1b),该韧性剪切带是区域上金矿床 成矿有利部位,找矿前景较大。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质

前红泉金矿区赋矿地层为长城纪古硐井群(ChG), 根据岩性组合特征和空间展布特征将其分为两个岩 组,并进一步将古硐井群一岩组细分为上、下两段。 古硐井群一岩组下段(ChG¹)分布于勘查区北侧,岩 性主要有二云石英片岩、石英岩等,与北侧的中元古 代片麻状花岗岩为断层接触关系;古硐井群一岩组上 段(ChG²)在矿区大面积出露,是主要的含金层位,岩 性组合为千枚岩、千枚状板岩、粉砂质板岩、砂质板 岩夹少量长英质千糜岩、石英岩透镜体等,与上段为 断层接触;古硐井群二岩组(ChG₂)小面积分布于矿区 南侧,岩性以条带状大理岩、角砾状大理岩为主,与古 硐井群一岩组上段亦为断层接触。区内侵入岩主要 有中元古代片麻状花岗岩、二叠纪花岗闪长岩、三叠 纪二长花岗岩和斑状花岗闪长岩等,还见有花岗闪长 岩岩脉、石英闪长岩脉、石英闪长玢岩脉、辉长岩脉 等各类脉岩,花岗岩脉与区内金成矿关系最为密切 (丁书宏,2021)。

研究区内发育 NWW 向韧性剪切带和脆性断层, 韧性剪切带是区内主要的控矿构造(图 2)。区内岩石 中可见"S-C"组构、不对称旋转碎斑系(图 3a、 图 3b)、糜棱岩化花岗闪长岩(图 3c)、不对称褶皱 (图 3d)、膝折构造(图 3e)等宏观韧性变形特征及云 母鱼(图 4a、图 4b)、石英核幔构造(图 4c)、绕晶及拖 尾构造(图 4d)等微观韧性变形特征,"σ"型不对称 旋转斑、云母鱼、绕晶构造等特征均指示该韧性剪切 带具右行剪切特征。此外,区内二叠纪花岗闪长岩糜 棱岩化明显,暗色矿物定向排列(图 3c),千枚状板岩型 金矿石韧性变形特征较为明显(图 3f),镜下也可见大 量交织定向排列的细小绢云母,构成明显的显微褶皱构造。



 1.第四系; 2.长城纪古硐井群二组; 3.长城纪古硐井群一组上段; 4.长城纪古硐井群一组下段; 5.三叠纪斑状花岗闪 长岩; 6.二叠纪花岗闪长岩; 7.中元古代片麻状花岗岩; 8.石英脉; 9.花岗岩脉/花岗闪长岩脉; 10.石英闪长岩脉/石 英闪长玢岩脉; 11.辉长岩脉; 12.金矿体及编号; 13.韧性剪切带; 14.逆断层; 15.平移断层; 16.性质不明断层;
17.1:50 000 综合异常及编号; 18.1:10 000 综合异常及编号; 19.基线; 20.勘查线

图 2 前红泉金矿地质简图 Fig. 2 Geological diagram of the Qianhongquan gold deposit

2.2 矿体地质

前红泉金矿化带断续出露约为14km,宽度为10~ 50m,整体受韧性剪切带控制,总体展布方向近110°, II矿段局部呈"Z"字型展布。根据矿体空间展布特 征,将前红泉金矿自西向东、由北往南划分为3个矿 段。矿体从走向上来看,I、II矿段矿体南倾,倾角 为65°~86°; III矿段矿体产状变化复杂,存在局部翻 转和褶曲现象,在212勘查线以西,矿体总体向南倾 斜,倾角为52°~85°,212勘查线以东,矿体总体向北 倾斜,倾角40°~88°。矿体从倾向上来看,整体呈波 状陡倾,局部可见陡缓相间变化特征(图2)。截至 2022年12月,区内圈定金矿体108条,矿体长为 27~876m,厚度为0.81~6.34m,控制斜深一般为 50~270m。矿化富集地段岩石韧性变形特征较为明 显,千枚状板岩、千枚岩层间褶皱发育(图3f),岩石韧 性变形强弱与金矿化富集程度关系密切。

(1)AuⅢ-20矿体(图 5)为Ⅲ矿段主要矿体,矿体 呈似层状分布于韧性剪切带内,长为 569 m,最大控制 斜深为 270 m,单工程见矿厚度为 0.83~4.21 m,平均 厚度 1.84 m, Au单工程品位为 2.34~21.63 g/t,矿体 Au平均品位为 3.14 g/t。矿体产状为 345°~63°∠ 75°~85°,顶底板围岩均为千枚状板岩,品位变化系数 为 68.95%,厚度变化系数为 59.44%。

(2)AuⅢ-40 矿体为Ⅲ矿段主要矿体,呈似层状 分布于韧性剪切带内,长为580 m,最大控制斜深为 460 m,单工程见矿厚度为0.82~7.81 m,平均厚度为 2.11 m, Au单工程品位为2.52~12.38 g/t,矿体 Au平 均品位为4.56 g/t。矿体产状为15°~350°∠64°~86°, 顶底板围岩均为千枚状板岩,品位变化系数为 86.49%,厚度变化系数为85.25%。



a. "σ"型不对称旋转斑,指示右行剪切; b.糜棱岩化花岗岩中旋转碎斑,指示右行剪切; c.糜棱岩化花岗闪长岩中 暗色矿物定向性明显; d.千枚状板岩中可见不对称褶皱; e.千枚岩中发育膝折构造; f.千枚状板岩型金矿石韧性变 形明显; g.千枚状板岩中多见硅化石英细脉; h.蚀变岩型金矿石中两期交代成因石英脉; i.强硅化蚀变岩型金矿石; j.弱蚀变千枚岩,黄铁矿沿千枚理充填; k.强蚀变金矿石中含浸染状黄铁矿,指示矿化蚀变以交代为主; l.强硅化蚀 变岩型金矿石中局部可见明金,粒径约 0.5 mm; Ser.绢云母; Q.石英; Au.自然金; Py.黄铁矿

图 3 前红泉金矿野外宏观及金矿石特征

Fig. 3 Field macroscopic and gold ore characteristics of the Qianhongquan gold deposit

2.3 矿化蚀变

围岩蚀变在韧性剪切带控制的金矿化带及其附 近表现极为强烈,矿化富集地段蚀变特征明显,主要 有硅化、毒砂化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、碳 酸盐化等,上述蚀变多与区内金矿化关系密切,主要 表现为:①毒砂化是区内的重要找矿标志,与金矿化 呈正相关关系。野外通过手持式 XRF 矿石分析仪可 现场测定千枚岩中的 As 含量,若其含量超过1000× 10⁻⁶则岩石含矿概率较大,超过3000×10⁻⁶者多为工 业品位金矿石。②硅化与金矿化关系最为密切,表现 为3种形式:第一种在弱蚀变金矿石中,石英以硅质 团块或硅化石英细脉分布于蚀变岩中(图 3g);第二种 在中等蚀变金矿石中,石英多呈条带状穿插分布于蚀 变岩中,局部可见多期硅质热液交代特征(图 3h);第 三种在强蚀变金矿石中,硅质热液已全部交代原岩矿 物成分(图 3i);区内交代成因石英脉的数量或硅化交 代原岩强度与金矿石品位有明显的正相关关系。 ③黄铁矿化:区内千枚岩(千枚状板岩)中黄铁矿主要 有两种存在形式,其一沿千枚理分布的片状、薄膜状 黄铁矿(图 3j),二是后期热液交代蚀变形成的浸染状

2023 年



a~b.云母鱼,指示右行剪切; c.石英核幔构造发育,核部具带状消光; d.黑云母和石英绕钾长石定向分布构成绕晶 及拖尾构造,指示右行剪切; e.磁黄铁矿、针铁矿; f.黄铁矿、毒砂; g.银金矿、金银矿; h.自然金; i.毒砂、银金 矿; a~d为正交偏光; e~i.为反射光; Ser.绢云母; Q.石英; Bt.黑云母; Kfs.钾长石; Pl.斜长石; Py.黄铁矿; Po.磁黄铁矿; Asp.毒砂; Gs.金银矿; El.银金矿; Au.自然金

图 4 前红泉金矿金矿石显微镜下特征图



黄铁矿(图 3k),后者与区内金矿化关系密切。④绢云 母化分布范围广,在千枚岩、千枚状板岩中均可见到, 在矿化密集区表现为绢云母颗粒较大、数量增多且定 向分布(图 3j、图 4a),常与硅化、绿泥石化相伴。

2.4 矿石质量

矿石自然类型主要为蚀变岩型金矿石,其以千枚 状板岩、千枚岩为主。矿石结构简单,多为鳞片粒状 变晶结构,少见隐晶质结构、假象结构等;矿石构造主 要有千枚状构造、蜂窝状构造、网脉浸染状构造等 (丁书宏,2021)。金矿石中含金矿物主要为自然金 (图 31),其次是金银矿(图 4g)和银金矿(图 4g、图 4i); 金属矿物主要有磁黄铁矿(图 4e)、黄铁矿(图 4f)、毒 砂(图 4f、图 4i),还可见有少量黄铜矿、铜蓝、辉铜矿、 毒砂、褐铁矿等;非金属矿物主要为长石、石英、绢云 母、绿泥石、方解石等。镜下多见独立分布的自然金 (图 4h),尚未见黄铁矿中的包裹金。

3 矿床发现和勘查过程

为加强重要成矿区带关键地质矿产问题研究,评价区域矿产资源潜力,甘肃省自然资源厅在2017年决定实施一批基础地质调查项目。甘肃省地质矿产 勘查开发局第四地质矿产勘查院在分析区域成矿地质背景的基础上提出,前红泉一带前长城系地层广泛分布,岩浆活动频繁,不同期次构造相互叠加,区域上已发现了多个受韧性剪切带控制的金矿床(点),前红泉地区位于小西弓韧性剪切带的东延部分,金矿找矿潜力较大,有必要开展基础调查工作。

2017年,通过1:50 000水系沉积物测量在老君 庙一带圈定AS-3综合异常(图6),该异常呈不规则状, 长轴方向与区内发育的韧性剪切带展布方向基本一 致,异常面积约为58 km²,元素组合主要为Au、As、Sb、 W、Mo等,各元素之间套合较好,主成矿元素具有三



1.粉砂质板岩; 2.千枚状板岩; 3.石英岩; 4.花岗闪长岩; 5.断层角砾岩; 6.韧性剪切带;
7.金矿体位置及编号; 8.矿体厚度(m)/平均品位(g/t); 9.产状; 10.钻孔位置

图 5 前红泉金矿 236 勘查线剖面图

Fig. 5 Section view of 236 prospecting line in the Qianhongquan gold deposit

级浓度分带(陈世明等,2022)。对该异常开展查证时, 在1:50000化探Au峰值点处(117.1×10⁻⁹)首先发现 了前红泉金矿点(即现Ⅰ矿段和Ⅱ矿段局部地段, 图 2), 通过槽探工程在地表圈定金矿体 6 条, 矿体呈 似层状、脉状, 长为 100~770 m, 厚度为 0.81~4.13 m, Au 品位为 1.00~4.91 g/t。



1.第四系; 2.白垩纪新民堡群; 3.长城纪古硐井群; 4.晚三叠世斑状花岗闪长岩; 5.中三叠世花岗闪长岩; 6.中叠世花岗闪长岩; 7.中元古代片麻状花岗岩; 8.花岗岩脉; 9.辉长岩脉; 10.性质不明断层; 11.正断层; 12.综合异常及编号

图 6 前红泉一带 AS-3 综合异常剖析图

Fig. 6 Comprehensive anomaly analysis chart of AS-3 of the Qianhongquan area

2019年,在前红泉金矿点东侧继续开展查证工作, 采用1:10 000 地化剖面测量、1:10 000 岩屑测量、 1:2000 地化剖面测量、1:10000 地质填图、槽探等 进行重点查证,在地表圈定金矿体7条,长为80~ 1200 m, 厚度为 0.80~4.50 m, Au品位为 0.83~ 4.15 g/t。新发现了老君庙金矿点,即现为前红泉金矿 Ⅲ矿段西段(图 2)。2020年,通过分析认为从前红泉 金矿点至老君庙金矿点,地势西北高东南低,已发现 的前红泉金矿点和老君庙金矿点均与韧性剪切带关 系密切,且AS-3综合异常内3个化探异常浓集中心 连线和区域韧性剪切带方向(110°)几乎一致,推断该 异常东部仍有较大找矿潜力;在东段(图 2)继续开展 1:10 000 岩屑测量,并圈定了多处 Au 高值异常。通 过槽探揭露,在前红泉金矿Ⅲ矿段东段圈定金矿体 7条,矿体呈层状、似层状、透镜状,长为190~1240m, 厚度为 0.83~7.56 m, Au 品位为 1.12~5.40 g/t。

在勘查过程中,部分钻孔结果显示金矿体深部较 地表有厚度变大、品位增高之趋势。同时在Ⅱ矿段2 条金矿化带,并非与Ⅰ、Ⅲ矿段平行分布,而是由后期 褶皱构造导致局部呈"Z"字型分布。这一认识通过 地质填图和槽探工程得以印证,该金矿化带并未尖灭, 而是继续向南东延伸,掩入第四系覆盖层之下。 2022年,重点对Ⅲ矿段开展解剖,局部金矿体品位自 地表向深部明显增高(图 5),截至 2022年 12月,初步 估算金推断资源量为 15.3 t,矿床 Au 平均品位为 4.81 g/t,矿床规模达中型。

4 我矿方向及勘查启示

4.1 找矿方向

(1)甘肃北山南带巨型韧性剪切带是区域上重要 的金矿富集带,已发现多个韧性剪切带型金矿或与韧 性剪切带有关的金矿床,以小西弓金矿、新(老)金厂 金矿、金庙沟(井)金矿等为典型代表。但是,近20年 来该区韧性剪切带型金矿的研究和找矿勘查工作陷 入沉寂,前红泉金矿的发现为该项研究工作注入了活 力,引起地质工作者关注。北山南带韧性剪切带为三 叠纪韧性剪切带(丁书宏,2021),其自西至东截切了 不同类型地质体,韧性剪切带内含金岩性有敦煌岩群 二云石英片岩、古硐井群千枚岩、铅炉子沟群绢云千 枚岩和变安山岩及华力西期—印支期中酸性侵入岩等,表明韧性剪切带内金矿成矿对岩性没有选择性, 各类岩石均可作为赋矿岩石,区域找矿前景巨大。应 加强甘肃北山南带韧性剪切带与金矿成矿关系的研 究,已有矿床深部和外围是重要的找矿空间。近年来, 甘肃省组织实施的1:50000矿产地质调查已基本覆 盖北山基岩区,同步开展了1:50000化探工作,圈定的 以Au为主的各类综合异常应是下一步查证的重点区域。

(2)前红泉金矿区内1:10 000 化探工作圈定了 以金为主的综合异常9处(图 2)。在 AR-1、AR-5、AR-7、AR-8、AR-9综合异常内已圈定多条金矿体,矿体 与异常对应性良好; AR-2综合异常内发现了 Au、Cu、 Co 矿化信息(赵吉昌等, 2021a; 陈世明等, 2022); AR-3、AR-4、AR-6综合异常由于地表覆盖较厚,尚未发 现较好金矿化信息,但上述异常从元素组合、空间展 布等特征与AR-7、AR-8、AR-9综合异常极为相似,应 加强对上述 3 个综合异常的查证力度。AR-9 综合异 常南侧向东掩入第四系覆盖区,建议开展浅钻地球化 学测量(或剖面)工作, 替代传统的化探工作手段, 圈 定异常或发现矿体,力争在(浅)覆盖区取得找矿新突 破。此外, 勘查区内可见有较多的酸性和基性岩脉, 在AR-2综合异常内辉长岩脉中已发现了热液型Au、 Cu、Co矿化体,应对区内各类岩浆岩开展相关研究, 寻找除韧性剪切带以外潜在致矿岩体或岩脉附近有 利的容矿空间,探讨区内是否存在第二找矿空间,开 展综合勘查评价工作。

(3)前红泉金矿化带长约为14km,宽为10~50m, 其规模在北山地区较为罕见。区内圈定矿体数量超 百条,但矿体控制斜深多为50~270m,仅Ⅲ矿段个别 矿体控制斜深在300m以上,探获金推断资源量已接 近大型规模,具有寻找大型以上与韧性剪切带有关金 矿的潜力。就现有工作而言,Ⅲ矿段矿体整体工程控 制程度较高,I矿段和Ⅱ矿段深部钻孔控制程度较低, 下一步应加强I矿段矿体转弯部位矿化富集规律研 究,对地表及浅部见矿较好的I矿段东段和Ⅱ矿段东 段提高深部钻孔控制程度,扩大矿床规模;对Ⅲ矿段 矿体500~1000m深度进行验证,初步查明矿体在深 部延伸、产状、厚度、品位等变化情况,分析找矿远景, 也为后续在I、Ⅱ矿段系统开展工作奠定基础。

4.2 勘查启示

(1)前红泉金矿是在1:50 000 矿调工作的基础 上通过大比例尺化探手段逐步发现的。该矿床的发 现证实1:50 000 水系沉积物测量是该区最有效的找 矿手段, Au 高值异常可直接指示矿体的赋存部位, 低 弱异常也具有较好的找矿潜力,后续勘查工作中不但 要重视"高、大、全"异常,更不能忽视对"低、弱、 缓"异常的查证力度。1:10000岩屑测量在矿床发 现过程中起到了重要作用,不仅使1:50000化探异 常得到重现和浓缩,还能在地表快速锁定找矿靶区, 直接指示矿化富集地段。因此,1:50000化探异常在 查证过程中不仅仅要依靠综合剖面测量等手段,大比 例尺化探扫面工作能够加快找矿进程。

(2)甘肃北山地区推荐的水系沉积物测量和土壤 测量采样粒级均为-4~+20目。前红泉金矿勘查过程 中采用构造裂隙地球化学方法,按照100m×40m网 度直接在地表采集块径为2~20mm的5~8块基岩 风化碎屑组合为一个样品,采样介质包括基岩风化碎块 (岩屑)、断裂构造岩屑、矿化蚀变岩屑、断层角砾(泥) 等,在断层破碎带、节理裂隙处、矿化蚀变带、岩性界 面及石英脉等处加密取样(赵吉昌等,2021b;雷自强 等,2022),取得了良好效果。前红泉金矿区1:10000 化探工作证实,北山干旱荒漠戈壁残山区等特殊地球 化学景观区在地表直接采集基岩风化碎屑是更高效、 直接的化探方法,岩屑测量可作为土壤测量的有效 补充。

(3)北山地区金矿点近百个,但有规模的金矿床 寥寥可数,大部分中、小型金矿床的勘查深度多在 300m以浅,勘查程度较低,仅小西弓金矿和460金矿 最大勘查深度约500m。前红泉金矿个别矿体目前已 控制斜深730m,自浅部向深部表现出局部厚度增大、 品位增高趋势,500m以下显示了良好的找矿前景。 因此,北山地区诸多金矿未取得找矿突破的原因中应 充分考虑勘查深度的因素。

(4)前红泉金矿能够取得快速突破的一个重要原因就是大额资金的投入,甘肃省财政在7个年度的矿 调、普查工作中累计投入资金超过6000万元,为前红 泉金矿的发现和勘查提供了资金保障。面对复杂的 国际局势和中国矿产资源的严峻形势(陈毓川等, 2020),自然资源部正在组织实施新一轮找矿突破战 略行动,尤其突出紧缺战略性矿产资源。中国亟需强 化公益性、基础性、战略性基础地质调查工作,加大 战略性矿产找矿勘查力度,保障国家能源资源安全。

致谢: 甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿 产勘查院康维良、杜红伟、魏万疆、赵青虎、郭峰、 张增馨、雷自强等人一起参与了该矿床的发现和勘 查过程; 业内同仁对前红泉金矿普查项目的顺利实 施给予了诸多建设性意见和建议, 在此一并表示 感谢!

参考文献(References):

- 陈柏林,吴淦国,刘晓春,等.北山地区发现韧性剪切带型金矿 床[J].中国区域地质,2000,(3):336.
- CHEN Bolin, WU Ganguo, LIU Xiaochun, et al. Ductile shear zone type gold deposit was found in Beishan area[J]. Regional Geology of China, 2000, (3): 336.
- 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,(2):149–158.
- CHEN Bolin, YANG Nong, WU Ganguo, et al. Analysis of ore_controlling structure in ductile shear zone type gold deposits in southern Beishan area, Gansu Province[J]. Mineral Deposits, 2002, (2): 149–158.
- 陈柏林,吴淦国,杨农,等.甘肃北山白墩子—小西弓韧性剪切带及其控矿作用[J].地质力学学报,2007,49(2):99-109.
- CHEN Bolin, WU Ganguo, YANG Nong, et al. Baidunzi-xiaoxugong Ductile shear zone and Its Ore-controlling Effect in the Southern Beishan Area, Gansu[J]. Journal of Geomechanics, 2007, 49(2); 99–109.
- 陈耀,张成,张青,等.内蒙古北山成矿带月牙山-老硐沟地区金 多金属矿床成矿预测[J].西北地质,2023,56(2):151-162.
- CHEN Yao, ZHANG Cheng, ZHANG Qing, et al. Metallogenic Regularity and Prospecting Prediction of Gold Polymetallic Deposits in Yueyashan–Laodonggou Area of Beishan Metallogenic Belt, Inner Mongolia[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(2): 151–162.
- 程南南,刘庆,侯泉林,等.剪切带型金矿中金沉淀的力化学过 程 与 成 矿 机 理 探 讨[J]. 岩 石 学 报, 2018, 34(07): 2165-2180.
- CHENG Nannan, LIU Qing, HOU Quanlin, et al. Discussions on the stress-chemical process of gold precipitation and metallogenic mechanism in shear zone type gold deposits[J]. Acta Petrologica Sinica, 2018, 34(07): 2165–2180.
- 陈世明,杨镇熙,雷自强,等.甘肃北山前红泉地区水系沉积物 地球化学特征及找矿方向[J].现代地质,2022,36(06): 1513-1524.
- CHEN Shiming, YANG Zhenxi, LEI Ziqiang, et al. Geochemical Characteristics and Prospecting Directions of Stream Sediments in the Qianhongquan Area, Beishan Gegion, Gansu Province[J]. Geoscience, 2022, 36(06); 1513–1524.
- 陈毓川,朱裕生,肖克炎,等.中国成矿区(带)的划分[J].矿床 地质,2006,25(S1):1-6.
- CHEN Yuchuan, ZHU Yusheng, XIAO Keyan, et al. The Division of Metallogenic Zones in China[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(S1): 1–6.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 等. 论地球系统四维成矿及矿床学研 究趋向——七论矿床的成矿系列[J]. 矿床地质, 2020, 39(05): 745-753.
- CHEN Yuanchuan, PEI Rongfu, WANG Denghong, et al. Four-dimensional metallogeny in earth system and study trends of mineral deposits: A discussion on minerogenetic series (VII)[J].

Mineral Deposits, 2020, 39(05): 745-753.

- 丁嘉鑫,韩春明,肖文交,等.北山造山带花牛山岛弧东段钨矿 床成矿时代和成矿动力学过程[J].岩石学报,2015, 31(02):594-616.
- DING Jiaxin, HAN Chunming, XIAO Wenjiao, et al. Geochemistry and U-Pb geochronology of tungsten deposit of Huaniushan island arc in the Beishan Orogenic Belt, and its geodynamic background[J]. Acta Petrologica Sinica, 2015, 31(02): 594–616.
- 丁书宏.甘肃北山前红泉金矿床绢云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及其地质 意义[J].黄金科学技术, 2021, 29(2): 173-183.
- DING Shuhong. ⁴⁰Ar-³⁹Ar Age of Sericite from Qianhongquan Gold Deposit in Beishan Area, Gansu Province, China and Its Geological Significance[J]. Gold Science and Technology, 2021, 29(2): 173–183.
- 段嘉瑞,何绍勋,周崇智.剪切带型金矿——以广东河台金矿为例[J].地质与勘探,1992,(6):6-11.
- DUAN Jiarui, HE Shaoxun, ZHOU Chongzhi. Shear zone type gold deposit: A case study of Hetai Gold Deposit in Guangdong Province[J]. Geology and Prospecting, 1992, (6): 6–11.
- 何绍勋,段嘉瑞,周崇智,等.一种新的金矿类型——剪切带型 金矿[J].中国有色金属学报,1992,(02):1-6.
- HE Shaoxun, DUAN Jiarui, ZHOU Chongzhi, et al. A new type of gold deposit shear zone type gold deposit[J]. Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1992, (02): 1–6.
- 江彪, 王登红, 马玉波, 等. 北山及其相邻地区主要矿床类型、 找矿新进展及方向[J]. 地质学报, 2022, 96(06): 2206-2216.
- JIANG Biao, WANG Denghong, MA Yubo, et al. Maindeposittypes, new developments and new directions of prospecting in Beishan region and its adjacent areas[J]. Acta Geologica Sinica, 2022, 96(06): 2206–2216.
- 江思宏, 聂凤军, 胡朋, 等. 北山地区岩浆活动与金矿成矿作用 关系探讨[J]. 矿床地质, 2006, 25(S1): 269-272.
- JIANG Sihong, NIE Fengjun, HU Peng, et al. Discussion on the relationship of magmatism and gold metallogeny in Beishan mountain area [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(S1): 269–272.
- 雷自强,陈杰,陈世明,等.岩屑地球化学测量在甘肃北山干旱 戈壁荒漠区的找矿效果——以三白墩地区金砷矿的发现 为例[J].物探与化探,2022,46(03):585-596.
- LEI Ziqiang, CHEN Jie, CHEN Shiming. et al. Prospecting effect of cuttings geochemical survey in arid Gobi desert area of Beishan, Gansu Province-Taking the discovery of gold arsenic deposit in sanbaidun area as an example [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2022, 46(03): 585–596.
- 路彦明,张玉杰,张栋,等.剪切带与金矿成矿研究进展[J].黄金科学技术,2008,16(5):1-6.
- LU Yanming, ZHANG Yujie, ZHANG Dong, et al. Researching progress about the relationship of shear zone and Gold mineralization[J]. Gold Science and Technology, 2008, 16(5): 1–6.
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J].中国 地质,2009,36(1):1-28.
- PAN Guitang, XIAO Qinghui, LU Songnian, et al. Geotectonic unit

division of China[J]. Geology of China, 2009, 36(1): 1–28.

- 王吉珺,余和勇.玲珑金矿田花岗岩中韧性剪切带与成矿的关系[J].矿床地质,1990,(3):231-242.
- WANG Jijun, YU Heyong. The relation of ductile shear zones to mineralization in the Linglong gold orefield [J]. Mineral Deposits, 1990, (3): 231–242.
- 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,(S1):33-35+39.
- WANG Jun. Geological characteristics and prospecting direction of ductile shear zone type gold deposits in Beishannan belt, Gansu Province[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2005, (S1): 33–35+39.
- 王世称,杨毅恒,李景朝,等.贵金属与有色金属大型、超大型 矿床预测有关问题的探讨[J].矿床地质,2004,23(S1): 170-174.
- WANG Shicheng, YANG Yiheng, LI Jingchao, et al. Tentative Discussion on Some Problems Related to Prognosis of Large and Superlarge Noble Metallic and Nonferrous Metallic Ore Deposits[J]. Mineral Deposits, 2004, 23(S1): 170–174.
- 杨镇熙,陈世明,赵青虎.甘肃北山前红泉萤石矿床地质特征及 成因探讨[J].中国非金属矿工业导刊,2020,(140): 13-15+31.
- YANG Zhenxi, CHEN Shiming, ZHAO Qinghu. Discussion on geological characteristics and genesis of Hongquan fluorite deposit in beishanqian, Gansu Province[J]. China Nonmetallic Mineral Industry Guide, 2020, (140): 13–15+31.
- 杨镇熙,赵吉昌,荆德龙,等.甘肃北山前红泉地区斑状花岗闪 长岩年代学、地球化学特征及其构造意义[J].矿物岩石地 球化学通报,2021,40(01):228-241.
- YANG Zhenxi, ZHAO Jichang, JING Delong, et al. Geochronology, geochemical characteristics and tectonic implications of the Porphyritic granodiorite from Qianhongquan area, Beishan, Gansu Province, northwest China[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrloogy and Geochemistry, 2021, 40(01): 228–241.
- 杨镇熙,赵青虎,张晶,等.甘肃北山地区黑山头石英二长闪长 岩年代学、地球化学特征及其地质意义[J].矿物岩石地球 化学通报,2022,41(06):1165-1177.
- YANG Zhenxi, ZHAO Qinghu, ZHANG Jing, et al. Chronological and geochemical characteristics of the Heishantou quartzmonzodiorite in Beishan, Gansu Province, NW China, and the geological significance[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrloogy and Geochemistry, 2022, 41(06): 1165–1177.
- 俞胜,赵斌斌,贾轩,等.北山造山带南缘一条山北闪长岩地球 化学、年代学特征及其构造意义[J].西北地质,2022, 55(4):267-279.
- YU Sheng, ZHAO Binbin, JIA Xuan, et al. Geochemistry, Geo-

chronology Characteristics and Tectonic Significance of Yitiaoshan Diorite in the Southern Margin of Beishan Orogenic Belt[J]. Northwestern Geology, 2022, 55(4): 267–279.

- 袁伟恒,顾雪祥,章永梅,等.甘肃北山地区小西弓金矿床成矿 流体性质及矿床成因[J].现代地质,2020,34(03): 554-568.
- YUAN Weiheng, GU Xuexiang, ZHANG Yongmei, et al. Metallogenic fluid properties and genesis of Xiaoxigong gold deposit in Beishan area of Gansu Province[J]. Modern Geology, 2020, 34(03): 554–568.
- 张振亮,冯选洁,赵国斌,等.东天山—北山地区中生代内生矿 床成矿规律[J].西北地质,2022,55(4):280-299.
- ZHANG Zhenliang, FENG Xuanjie, ZHAO Guobin, et al. The Metallogenic Rule of Mesozoic Hypogene Deposits in the Eastern Tianshan-Beishan Area[J]. Northwestern Geology, 2022, 55(4); 280–299.
- 赵吉昌,杨镇熙,陈晔,等.甘肃北山1:5万前红泉等三幅矿产 远景调查新进展[J]. 地质找矿论丛, 2021a, 36(03): 366-372.
- ZHAO Jichang, YANG Zhenxi, CHEN Ye, et al. New Progress in Three 1: 50 000 Prospective Survey Maps including Qianhongquan in Beishan Mountains, Gansu Province, NW China[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2021a, 36(03): 366–372.
- 赵吉昌, 范应, 雷一兰, 等. 构造地球化学岩屑测量在甘肃党河 南山地区找金中的应用[J]. 物探与化探, 2021b, 45(04): 923-932.
- ZHAO Jichang, FAN Ying, LEI Yilan, et al . The application of tectonogeochemical cuttings survey to gold prospecting in Nanshan area of Danghe, Gansu Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021b, 45(04): 923–932.
- 周树明,陈世明.甘肃省肃北县金庙沟金矿地质特征及找矿标志[J].甘肃科技,2016,32(06):19-21.
- ZHOU Shuming, CHEN Shimin. Geological characteristics and prospecting criteria of Jinmiaogou gold deposit in Subei County, Gansu Province[J]. Gansu Science and Technology, 2016, 32(06): 19–21.
- Jahn B M. The Central Asian Orogenic Belt and growth of the continental crust in the Phanerozoic[A]. Malpas J, Flether C J N, AliJR, et al. Aspects of the Tectonic Evolution of China[C]. Geological Society, London, Special Publications, 2002,226(1): 73-100.
- Ramsay J. G. Shear zone geometry: a review[J]. Journal of Structural Geology, 1980, 2: 83–99.
- Sibson R. H. Fault rocks and fault mechanism[J]. Journal of the Geological Society (London), 1977, 133: 191-213.