

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.04.011

陕西略阳金家河金矿床地质特征及控矿因素分析

赵世启¹, 袁波¹, 陈荔湘¹, 王民良², 张孝中¹, 闫红强¹

(1. 汉中西北有色七一一总队有限公司, 陕西 汉中 723000; 2. 西北有色地质勘查局, 陕西 西安 710054)

摘要:金家河金矿床位于勉-略-康构造混杂岩带中段, 金矿体赋存于近东西或北西向构造蚀变带中, 成矿地质条件十分有利。通过对矿区地质特征、矿化蚀变带/矿体特征、围岩蚀变及矿石矿物特征等的分析, 总结了矿床的控矿因素, 成矿类型为受韧性剪切带、地层及中酸性岩脉综合控制的构造蚀变岩型金矿, 南华纪—震旦纪的一套火山-陆源碎屑沉积岩系为主要的矿源层, 成矿与多期热液活动关系密切, 发育在以碳酸盐绢云石英片岩为主的构造片理化带内, 黄铁矿为主要的载金体。区内长断裂 F_1^3 旁侧发育的次级韧性剪切带 F_1^4 、 F_1^5 、 F_1^6 , 既是导矿构造, 也是容矿构造。

关键词: 勉-略-康构造混杂岩带; 金家河金矿床; 地质特征; 控矿因素

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2020)04-0120-10

Geological Characteristics and Ore-Controlling Factors of Jinjiahe Gold Deposit in Lueyang County, Shaanxi Province

ZHAO Shiqi¹, YUAN Bo¹, CHEN Lixiang¹, WANG Minliang², ZHANG Xiaozhong¹, YAN Hongqiang¹

(1. No. 711 General Party, Northwest Nonferrous Geological Exploration Bureau, Hanzhong 723000, Shaanxi, China;

2. Northwest Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Jinjiahe gold deposit is located in the middle part of Mian-Lue-Kang structural hybrid zone. The gold orebodies occur in the nearly east-west or north-west structural alteration zone, with favorable geological conditions of mineralization. Through the analysis of mine geological characteristics, mineralization alteration belt/orebody characteristics, wall rock alteration and ore mineral characteristics, the authors summed up some controlling factors of the deposit. The mineralization type was tectonic altered rock type controlled integrately by the ductile shear zone, formation and acidic dike. The main source bed was the volcano-terrigenous clastic sedimentary rock in Nanhua-Sinian period. The mineralization was closely related to some multiphase hydrothermal activities and developed in the tectonic slices of carbonate quartz schist, with pyrite being the main gold-bearing body. The secondary ductile shear zones of F_1^4 , F_1^5 and F_1^6 in this area, developed beside the long fault F_1^3 , were the ore-conducting structure and the ore-hosting structure as well.

Keywords: Mian-Lue-Kang structural hybrid zone; Jinjiahe gold deposit; geological features; ore-controlling factors

收稿日期: 2020-02-10; 修回日期: 2020-08-13

基金项目: 陕西省地质勘查基金项目“略阳县惠家坝-金家河金锰矿普查”(61201405239)资助

作者简介: 赵世启(1991-), 男, 硕士研究生, 地质工程师, 主要从事地质矿产勘查及研究工作。E-mail: 1258032745@qq.com

金家河金矿床处于秦岭微板块与碧口微板块之间勉-略-康构造混杂岩带的中段,是继干河坝金矿床、水得沟金矿之后在该带金多金属矿化集中区发现的又一重要金矿床。金家河金矿床位于二者之间,与其具有相似的富矿层及构造变形,是二者含金岩性层和控矿构造的东西向延伸,区域成矿条件十分优越(陕西省地质调查中心,2018;王瑞廷等,2019)。目前对相似层位西侧干河坝金矿床的区域地质、地球物理/化学特征、构造因素及成矿规律等有了广泛的研究(任小华等,2007;王启等,2007;金文洪等,2011;赵忠孝等,2012),但对金家河金矿床的研究程度还不足,控矿因素不够清晰。笔者重点对金家河金矿床新圈定的金矿带(体)、矿石特征及控矿因素等进行详细探讨,为进一步扩大勘查成果提供相应的参考资料。

1 区域地质背景

勉-略-康构造混杂岩带处于南秦岭造山带与松潘-甘孜造山带之间,北以勉县长坝-略阳两河口-康

县三官断裂为限,南以勉县黑河坝-略阳灵岩寺-康县豆坝断裂为界,东西呈条带状延伸数百千米,南北宽 8~20 km,带内发育地层、岩浆岩等地质体均以构造岩块或透镜体方式产出(图 1)。新太古界鱼洞子岩群(Ar_3Y)为带内最古老地块,经火山岩-绿岩系变质而来(张宗清等,2002),测得群内片麻岩全岩 Sm-Nd 年龄为 $(2\ 688\pm100)\text{ Ma}$ (张欣等,2010),在黑云母花岗岩中获得了 $(2\ 661\pm17)\text{ Ma}$ 和 $(2\ 703\pm26)\text{ Ma}$ 的锆石年龄,为秦岭最早的岩浆侵入活动提供了证据,主要由变粒岩类、斜长角闪岩夹条带状磁铁石英岩组成(张宗清等,2001),多呈断层接触,该层内产有金洞子金矿;古一中元古界大安岩群($Pt_{1-2}d$)分布大安北部-勉县龙王庙沟,为溢流相的变质基性岩组合,由变玄武岩、变基性玻屑凝灰岩、变火山熔岩夹少量变凝灰质砂岩组成,与南、北两侧地层以韧性剪切带接触,全岩 Sm-Nd 同位素等时线年龄为 $(1\ 624\pm120)\text{ Ma}$, $t_Dm(2\ 049\pm193)\text{ Ma}$ (张宗清等,2002),产有李家沟金矿;南华系关家沟组(Nh_2g)出露略阳两河口-康县之间,以粉砂质板岩、绢云石英千枚岩为主,(杨雨等,1999)获 Rb-

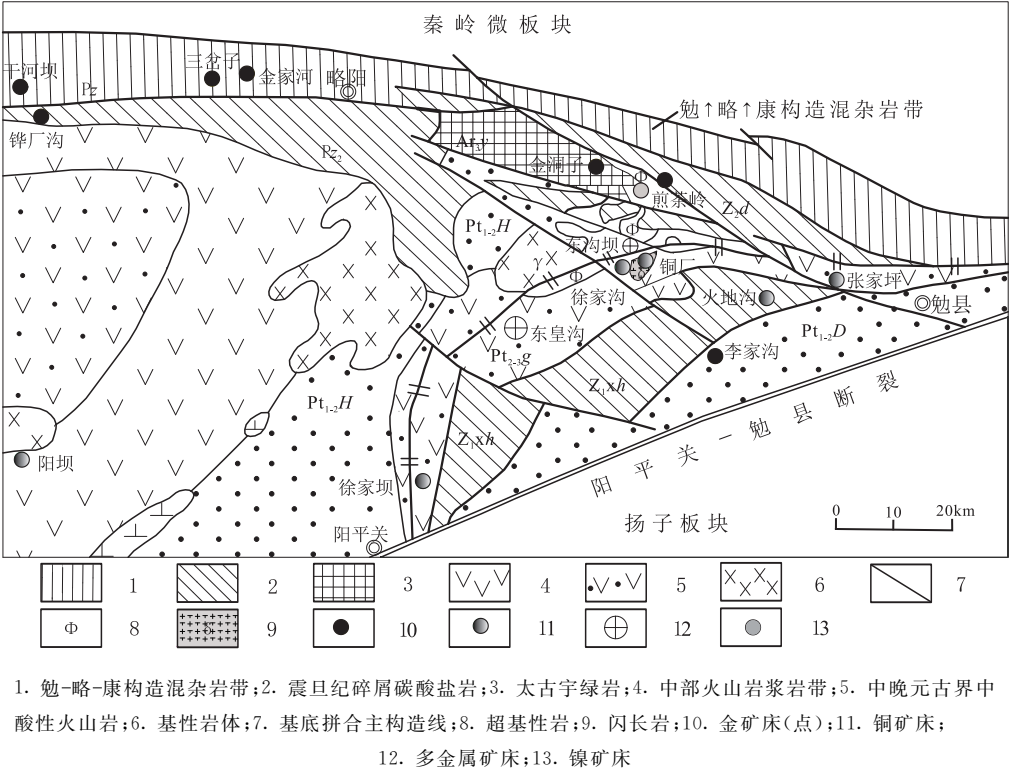


图 1 勉-略-康构造混杂岩带示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the Mian-Lue-Kang structural melange belt

Sr 等时线年龄(187 ± 16.1) Ma。弓晨等(2019)测得多组锆石年龄谱峰值为 781 Ma、865 Ma、2 465 Ma 及 2 597 Ma,地质区域属性和多期性明显;震旦系相公山组($Z_{2\epsilon 1x}$)白云岩在矿区西南部呈带状,局部夹少量硅质岩、硅板岩,具有浅水台地相沉积特点(徐通,2016),与下伏岩层呈断裂接触,产有磷、锰矿;奥陶系大堡岩组(O_3d)在康县杨河坝—略阳吴家营之间呈条状展布,以泥质-细碎屑岩为主,形成于浅海相深水海盆环境,由板岩、绢云千枚岩、变泥质粉砂岩夹结晶灰岩组成,与志留系、石炭—泥盆系岩组呈断层接触;古生界金家河岩组(Pzj)在横现河—康县之间分布较广,岩性为绢云石英千枚岩、绢云石英片岩、碳酸盐绢云石英片岩、钠长片岩、细碧岩夹灰岩、硅板岩,为一套火山碎屑岩+陆源碎屑岩+碳酸盐岩沉积变质组合(陕西省地质调查院,2007;弓晨等,2019;刘宝星等,2020),分别在三岔子和横现河地区测得变质沉积岩碎屑锆石最小年龄为 678~786 Ma、375~385 Ma,表明地层沉积不早于南华纪,该组与上覆朱家山组以韧-脆性剪切带接触,产有金家河金矿;泥盆系朱家山组(Dz)分布金家河岩组南北两侧,由灰岩、含碳绢云千枚岩、钙质石英千枚岩夹大理岩组成,与下伏岩层呈韧-脆性断层接触。

区域内构造线整体近东西向,东段稍向南东偏移呈南东东向,西段则明显呈南西西向展布并延出图外。该混杂岩带长期受南、北两大板块碰撞挤压影响,北部断裂带具有明显剪切性质的塑性变形特征,带内多发育褶皱、劈理、节理、石香肠状、揉皱状石英细脉、 δ 旋转碎斑及鞘褶皱等构造,断裂带一般宽 100~150 m,具明显的多期活动痕迹。南部断裂带以逆冲推覆性质为主,局部形成明显的左行剪切走滑构造,宽 20~100 m 不等,带内以发育碳化片岩、挤压构造透镜体-扁豆体为特征,沿断裂见有金、铁、磷-锰、镍等多金属矿化。

区内岩浆侵入活动较为频繁,从阜平期、吕梁—晋宁期到华力西—印支期均有表现,以基性、中酸性岩为主,呈小型岩株、岩脉等形式顺地层界线出露,围岩绿泥石化、绿帘石化及绢云母化等蚀变明显,尤其构造片理化带内蚀变程度最强,与区内金矿、锰矿关系密切。

2 矿区地质特征

2.1 地层

区内出露地层以古生界金家河岩组(Pzj)的片岩、千枚岩为主,夹灰岩、板岩等,与上覆泥盆系朱家山组下岩段(Dz^a)千枚岩呈断层或韧性剪切带接触(图 2),整个岩组分为 3 个岩性段。

(1)上岩段(Pzj^c)分布范围约占矿区的 2/3,近东西向,倾向 $5^\circ \sim 25^\circ$,倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。岩性有绢云石英片岩、绿泥绢云石英片岩、碳酸盐绢云石英片岩,夹千枚岩、钠长石英片岩、灰岩等,是金矿床主要产出层位。

(2)中岩段(Pzj^b)分布矿区西南部,出露宽度 320~1 300 m,东西向延出矿区,倾向 NNE,倾角 $44^\circ \sim 85^\circ$ 。岩性以绢云石英片岩、绢云千枚岩及薄层状灰岩、硅质板岩为主,与上下段呈断层接触,主要产有金家河锰矿。

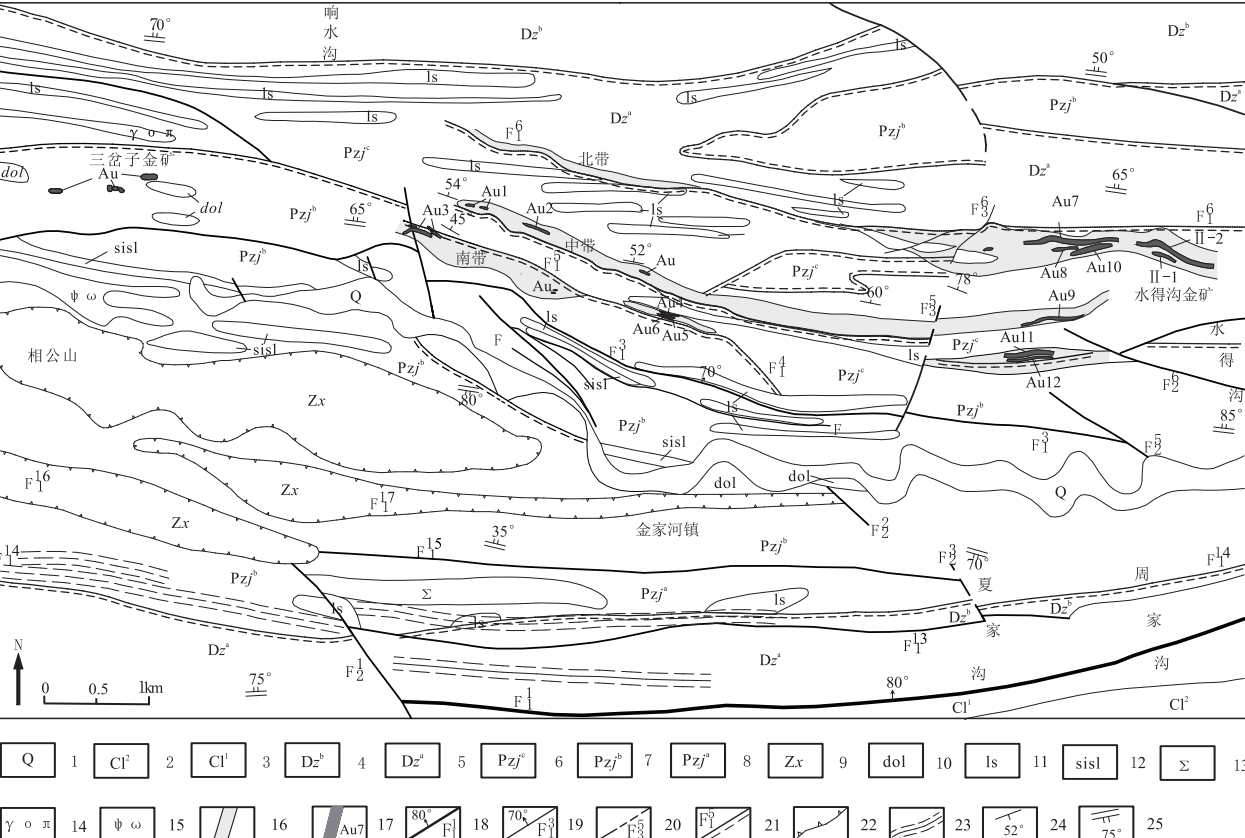
(3)下岩段(Pzj^a)分布矿区南侧外围,由浅灰色—深灰色含砾泥质岩、含碳凝灰质板岩及火山碎屑岩、杂砂岩等组成。

2.2 构造

矿区内构造类型多样,有脆性断裂、韧性剪切构造,也有褶皱、面理、线理等局部构造,形成多样式的构造变形组合。韧-脆性剪切构造为区内主体构造,一组北西向展布,为主干断裂,延伸较远;一组北东向展布,时期较晚,对主干断裂有一定的错断现象。

北西向断裂为冉家山—瓦窑坪断裂(F_1^3),分布于矿区南部,长约 3 km,西延出矿区,东部被 F_3^5 错断,走向为 NWW—SEE,倾向为 NNE,倾角为 $60^\circ \sim 80^\circ$,是金家河岩组中、上岩段的分界断裂,也是千枚岩与片岩的分界面,局部分支为硅质板岩、灰岩与绢云石英片岩的接触断面,在刚性岩石中表现为断裂磨光面和构造炭,界线清晰。

北东向断裂分布矿区东部,主要为小沟断裂(F_3^5)和车家沟断裂(F_3^6),该组断裂对矿体具一定的破坏,表现为矿体被截断、错位、破碎等现象。 F_3^5 为脆性断裂,长 1~1.5 km,走向近 $200^\circ \sim 20^\circ$,倾向 $110^\circ \sim 120^\circ$,倾角 $60^\circ \sim 75^\circ$,多充填 10~20 cm 宽的石英脉,断面可见擦痕、阶步等,切穿中、南矿化带,



1. 第四系;2. 上古生界略阳组上段;3. 上古生界略阳组下段;4. 古生界朱家山岩组上段;5. 古生界朱家山岩组下段;6. 古生界金家河岩组上段;7. 古生界金家河岩组中段;8. 古生界金家河岩组下段;9. 元古界相公山构造岩块;10. 白云岩;11. 灰岩;12. 硅质板岩;13. 超基性岩;14. 蛇纹岩;15. 斜长花岗斑岩;16. 金矿化蚀变带;17. 金矿体;18. 深大断裂(I级);19. 长断裂(II级);20. 实测及推测断层;21. 韧性断层;22. 剥离断层;23. 韧脆性推覆剪切带(印支—燕山期);24. 岩层产状(S0);25. 面理产状(S2)

图 2 金家河矿床地质简图

Fig. 2 Geological sketch map of Jinjiahe deposit

断裂带东侧矿体具北移现象;F₃⁶ 为韧性剪切带特征,形态变化具分支现象,断面呈波状起伏,长0.5~1.2 km,走向 NNE,倾向 NNW,倾角 42°~67°,断面可见石香肠、旋转斑等构造,切穿金北带,矿体形态变化较大。

区内在 F₁³ 断裂旁侧发育的次级韧性剪切带 F₁⁴、F₁⁵、F₁⁶ 为金矿体最直接的控矿构造,形成的片理化带是矿体最佳的出露层位。

F₁⁴ 位于矿区中南部,长约 3.5 km,宽 20~200 m,走向 NWW,倾向 5°~40°,倾角 55°~75°。剪切带内发育强烈褶皱,沿主界面附近多见鞘褶皱、石香肠等构造,局部发育劈理,呈“S”或反“S”形,是南矿化蚀变带的主控矿构造。

F₁⁵ 位于矿区中部,长约 6 km,宽 50~200 m,走向 NWW—SEE,东部近东西向,倾向 0°~20°,倾

角 50°~75°。韧性剪切带内柔流褶皱、鞘褶皱、石香肠、构造透镜体及劈理、节理发育。地表出露表现为强片理化带,是中矿化蚀变带的主控矿构造。

F₁⁶ 位于矿区北部,长约 8 km(区内长约 800 m),近东西向,倾向 10°~20°,倾角 60°~75°。韧性剪切带中岩石较破碎,小揉皱发育,岩石强烈变形在地表形成强挤压片理化带,是北矿化蚀变带的主控矿构造。

2.3 侵入岩

矿区内出露的侵入岩有斜长花岗岩、钠长斑岩、花岗斑岩、辉长岩、辉绿岩及零星透镜状的蛇纹岩体等,一般长 100~200 m,宽 50~100 m,主要呈小岩体、岩株、岩脉等形式出露,受断层控制,规模较小。区内脉岩以石英脉为主,受地层岩性和构造控制明显。在金家河岩组上岩段(P_zJ^{C2})切片理石英脉较发育,近南北向展布,走向 340°~20°,规模大小不

一,局部发育较为密集,在碳酸盐绢云石英片岩中剪节理构造发育,沿节理面充填石英脉形成金矿化,金矿化受构造、脉岩控制明显。

3 矿床地质特征

3.1 矿化蚀变带特征

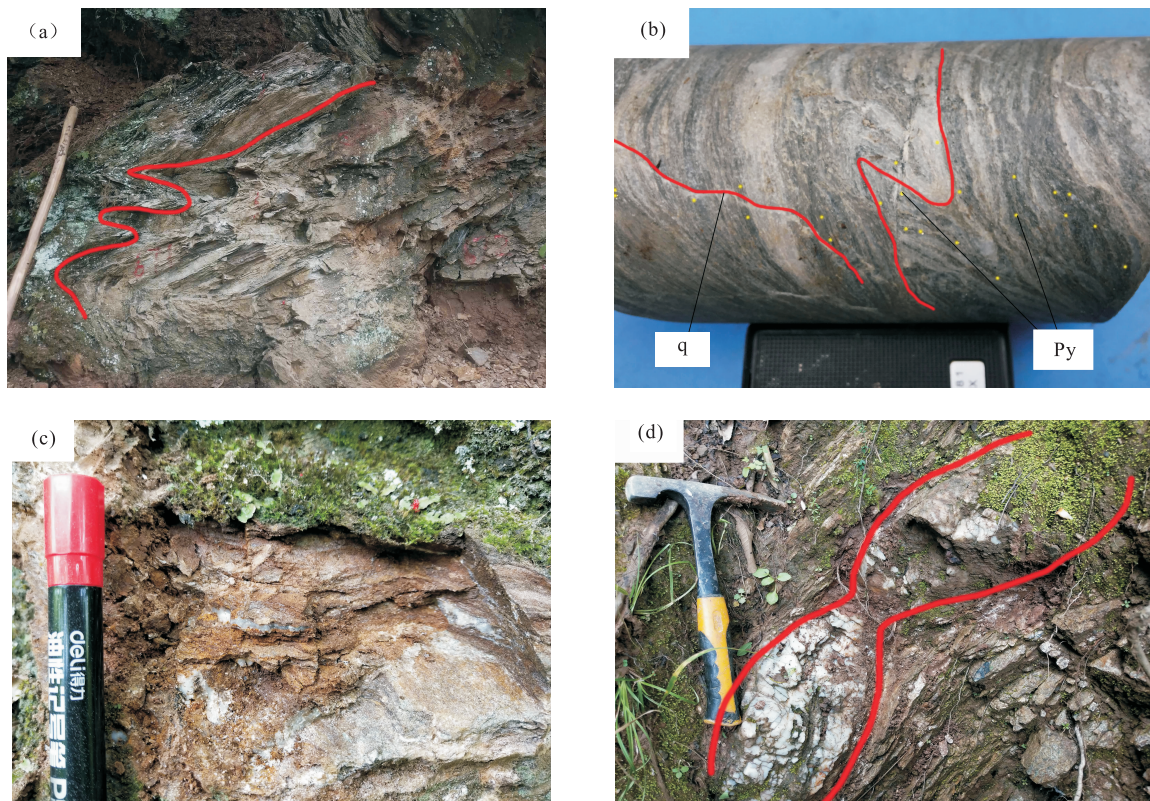
通过检查金矿次生晕异常在金家河岩组上岩段(Pzj^c)圈出南、中、北 3 条金矿化蚀变带,分别受 F_1^4 、 F_1^5 、 F_1^6 韧性剪切带控制,呈带状北西向展布。

金北矿化带:分布于矿区北部, F_1^6 韧性剪切带两侧,区内主要为南侧,长约 5 km(区内长约 780 m),宽 100~230 m,产状北倾,倾角 $60^\circ\sim 75^\circ$ 。赋矿岩性为碳酸盐绢云石英片岩,地表出露表现为构造片理化带,岩石呈薄层状,厚 2~5 mm 不等,强变形,带内面理置换、小揉皱现象普遍(图 3a)。岩心内石英细脉顺片理或切片理分布,扭曲变形强烈,细小状或五角十二面体状黄铁矿密集分布于片理面

及石英细脉附近,硅化较强,整体矿化效果好(图 3b)。带内蚀变类型有黄铁矿化、硅化、碳酸盐化及褐铁矿化,矿化带内圈出金矿体 3 条 Au7、Au8、Au10。

金南矿化带:位于矿区南部, F_1^4 韧性剪切带两侧均有分布,北西向展布,产状 $0^\circ\sim 20^\circ\angle 50^\circ\sim 70^\circ$ 。蚀变带分为东西两段,西段长约 3.5 km(区内长约 2.5 km),宽 30~160 m;东段为最新发现,长约 600 m,工程已控制长约 300 m,宽 50~150 m。蚀变带内揉皱变形较强,节理发育,石英脉呈条带状、透镜状顺片理或切片理分布,长度不一,脉宽 5~20 cm,脉体较破碎,两侧围岩黄铁矿化、硅化、褐铁矿化较强,含矿特征明显(图 3c),目前圈出金矿体 6 条 Au3、Au4、Au5、Au6、Au11、Au12。其中 Au11、Au12 矿体由 6 条探槽控制,矿体厚度较大,品位较好。

金中矿化带:分布在两条蚀变带之间,位于 F_1^5 韧性剪切带以北,与南矿带相距 300~400 m,东部被晚期北东向 F_3^5 断层错断北移,长约 7 km,南北



a. 强片理化带内揉皱发育; b. 岩芯顺/切片理石英脉发育; c. 两期石英脉交汇处黄铁矿密集分布; d. 石香肠等构造较发育;
q. 石英脉; Py. 黄铁矿

图 3 北、中、南矿化带地表及岩心构造蚀变特征图

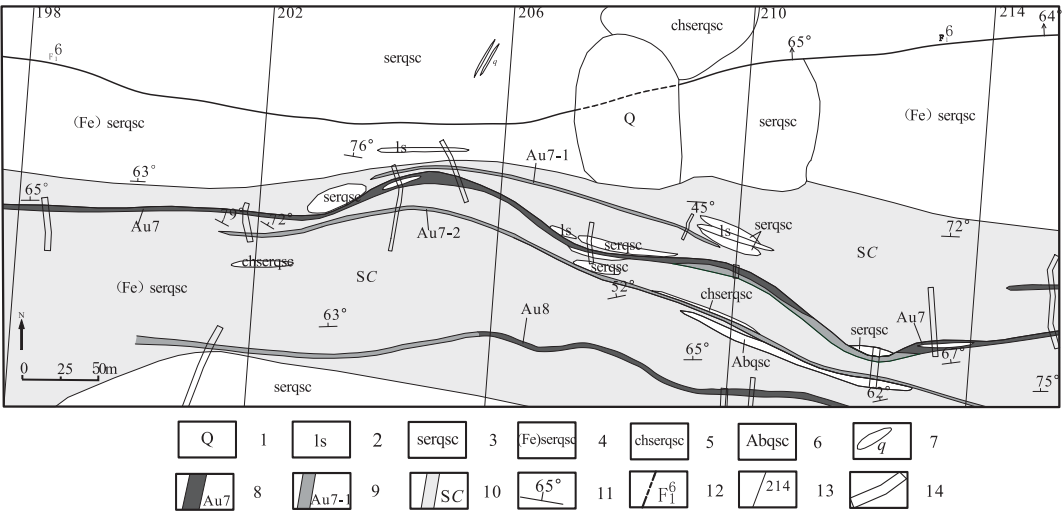
Fig. 3 Alteration characteristics of surface and core structure in the north, middle and south mineralized belts

宽 100~300 m,产状北倾,倾角 50°~75°。带内岩石整体塑性变形较强,流变褶皱、节理发育,可见鞘褶皱、旋转碎斑、石香肠等构造,石英脉挤压较为破碎,多被围岩浸染呈黄褐色(图 3d)。黄铁矿化、硅化、碳酸盐化等蚀变特征明显,已圈出金矿体 5 条 Au1、Au2、Au9、Au13、Au14。

3.2 矿体特征

矿化蚀变带内圈出的矿体整体产状北倾,形态多呈“S”波状起伏,局部膨胀收缩、分支复合。矿体呈条带状、透镜状,规模不一,一般长 50~780 m,厚 0.57~7.8 m,各矿体矿石类型、容矿围岩及蚀变类

型特征基本一致。Au7 为北矿带主矿体,受 F₁⁶ 韧性剪切带控制,分布勘探线 198~215 线之间,矿体呈条带状弯曲起伏,在走向、倾向上存在分支复合及消失再现现象,空间与蚀变带东西向近平行分布,产状 0°~25°∠45°~75°(图 4)。目前已施工探槽 9 条,控制 Au7 矿体 720 m,厚 0.68~4.62 m,平均厚 1.99 m,金品位为 1.11×10⁻⁶~6.49×10⁻⁶,平均品位为 2.62×10⁻⁶,控矿标高为 857~913 m。赋矿岩性为黄铁矿化碳酸盐绢云石英片岩,与围岩碳酸盐绢云石英片岩二者界线呈渐变关系,蚀变类型有黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、褐铁矿化。



1. 第四系;2. 灰岩;3. 绢云石英片岩;4. 碳酸盐化绢云石英片岩;5. 绿泥绢云石英片岩;6. 钠长石英片岩;7. 石英脉;8. Au7 矿体;9. Au7-矿化体;10. 构造片理化带;11. 片理产状;12. 断层;13. 勘探线位置及编号;14. 已施工探槽工程

图 4 Au7 矿(化)体空间展布示意图

Fig. 4 Spatial arrangement of Au7 mineralized body

Au11、Au12 矿体为南矿带东部新发现,是 F₁⁵ 韧性剪切带被 F₃⁵ 错断后的东延。矿体位于上覆绿泥绢云石英片岩与下伏绢云石英片岩之间碳酸盐绢云石英片岩内,均为断层接触。Au11、Au12 相距 3~10 m,近平行似层状分布,产状为 358°~24°∠46°~68°。探槽已控制长度约 300 m,厚 1.48~3.73 m,平均厚 1.93 m,Au 品位为 1.01×10⁻⁶~6.93×10⁻⁶,平均品位为 2.18×10⁻⁶,控矿标高为 1 037~1 048 m。Au11、Au12 矿体沿走向东西延伸部位均有金品位显示,整个矿体规模有望>400 m。

3.3 围岩蚀变特征

金矿床内围岩蚀变强度与金矿化呈正相关,蚀变

类型主要有:①碳酸盐化:主要为铁白云石、铁方解石,呈黄褐-深褐色,微细粒结构,以集合体状、细脉状广泛分布片理面间。②黄铁矿化:晶形为他形细粒、立方体或五角十二面体,呈脉状、薄膜状分布片理内,且在劈理面、节理面及石英脉边缘较为集中,局部见流失孔洞。目前矿体内见到的黄铁矿主要有两期:早期颗粒较大、自行程度较高的粗粒黄铁矿及晚期细粒黄铁矿,据鉴定结果显示,晚期细粒黄铁矿较多时,Au 品位相对较高,是主要的含金载体。③硅化:主要为呈细脉状或条带状的石英脉,表现为:a. 他形不规则-微细粒状分布于片理面间。b. 早期顺片理石英脉呈条带状或透镜状,脉宽 2~10 cm,与岩层产状相

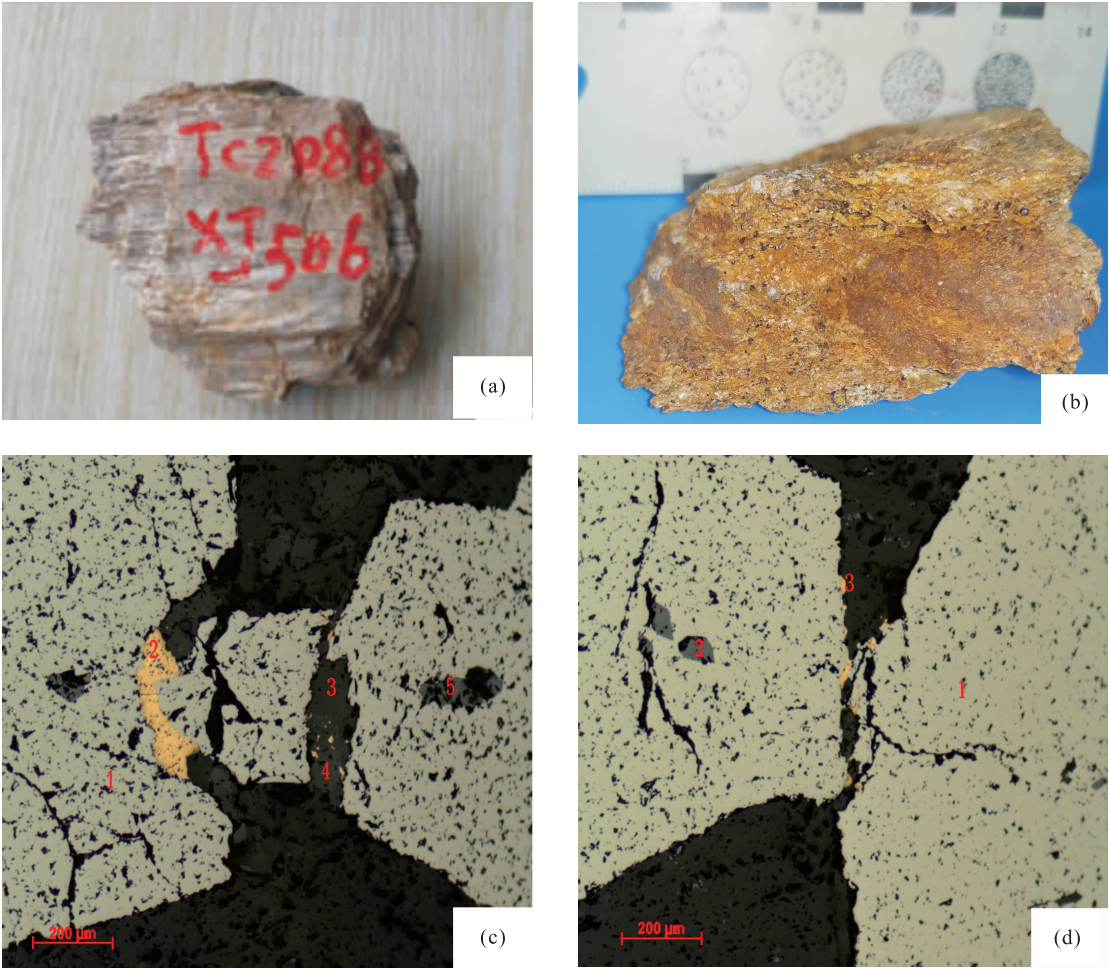
一致,脉体呈乳白色,细粒结构,细脉状-条带状构造,边缘具碳酸盐化、黄铁矿化现象。当蚀变较强,或几种蚀变相互叠加时含矿可能性较大,Au2 矿体即有此特征。c. 晚期切片理石英脉分布范围较广,近南北或北东向($30^{\circ}\sim 210^{\circ}$)大角度穿层斜切碳酸盐绢云石英片岩,倾角较陡($70^{\circ}\sim 80^{\circ}$),脉体宽 2~50 cm 不等,延伸 10~20 m。脉体呈灰白-深灰色,较碎裂,可见网脉状或浸染状褐铁矿,脉体边缘见星散分布的细小颗粒黄铁矿,或见流失孔洞,硫化物分布较多,蚀变特征明显。早晚两期石英脉多呈大角度斜交关系($>75^{\circ}$),且在二者交汇部位含矿效果较好,样品分析结

果显示,此特征下 Au 品位集中在 $0.12\times 10^{-6}\sim 2.53\times 10^{-6}$,个别达到矿体要求。

3.4 矿石特征

3.4.1 矿石类型

根据矿石蚀变特征,蚀变带内矿石的自然类型主要为黄铁矿化-硅化-碳酸盐化-绿泥石化绢云石英片岩型(图 5A、图 5B)。矿石工业类型根据铁方解石、黄铁矿的氧化程度可分为氧化矿石和原生矿石 2 种。根据钻孔岩心相应矿物特征可知,金家河金矿床的氧化带深度相对较浅,总体为 0.5~1.5 m,故金矿石主要为原生矿石。



a. 北矿带 Au7 矿体金矿石(6.49×10^{-6});b. 南矿带 Au11 矿体金矿石(6.32×10^{-6});c. 1. 黄铁矿,2. 裂隙金,3. 包裹金,4. 粒间金,5. 闪锌矿;d. 1. 黄铁矿,2. 闪锌矿,3. 粒间金

图 5 金家河金矿床特征及金的赋存状态图

Fig. 5 Features of Jinjiahe gold deposits and occurrence of gold

3.4.2 矿石的矿物组成

矿石中金属矿物主要为黄铁矿、自然金、毒砂及

褐铁矿,少量磁黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿等。①黄铁矿:他-半自形微细粒、立方体或五角十二面体状星

散分布,粒径为0.05~2 mm,个别可达0.5~1 cm,顺片理面见有细脉状、薄膜状,具褐铁矿化或被褐铁矿化后残留,少许。②自然金:以角粒状为主,其次有麦粒状、圆粒状、线状等,裂隙金最广,次为粒间金、包裹金,少许。③毒砂:他形粒状、半条状,长条状多沿长轴方向顺层理分布,少许。④磁黄铁矿:他形粒状,被褐铁矿包裹,偶见。⑤褐铁矿:a. 他-自形黄铁矿粒状假象,交代黄铁矿,星散及集合体状分布,偶见颗粒矿物质流失呈果壳状;b. 稀疏浸染状、脉状、网脉状、枝杈状、马蹄状分布,含量3%~5%。

非金属矿物主要为石英、绢云母,其次为碳酸盐矿物,方解石为主,及少量的钠长石等。①石英:他形细粒状,粒径为0.01~0.25 mm,分布绢云母纹层间,星散状、互层状分布。②绢云母:细小鳞片-片状定向排列,局部形成劈理。③方解石:他-半自形微细粒状,粒径为0.01~0.1 mm,条带状及集合体状分布。④钠长石:他形粒状,粒径为0.02~0.3 mm,多呈星散状或条带状分布层理间。

3.4.3 金的赋存状态

金矿石中主要的载金体为黄铁矿,亦有毒砂、磁黄铁矿、铁白云石等。金的赋存状态以裂隙金为主,次为包裹金和粒间金。裂隙金以角粒状、细脉状沿黄铁矿裂隙分布,有时可与方铅矿、铁白云石连生沿裂隙分布(图5C);包裹金呈角粒状、麦粒状、圆粒状分布黄铁矿中,也可与微细粒磁黄铁矿、闪锌矿连生分布于黄铁矿中;粒间金多沿黄铁矿晶边分布,在黄铁矿与脉石粒间、闪锌矿与黄铁矿粒间、黄铁矿与黄铁矿粒间都可见有粒间金(图5D)。

4 控矿因素

4.1 岩性地层

金家河岩组作为金矿床的赋矿地层,在早期构造背景下,以火山岩为主的沉积建造,形成了含金丰度值($2.74 \times 10^{-9} > 1.08 \times 10^{-9}$)较高的火山碎屑沉积岩系,实现了金的第一次富集;在后期韧性剪切变形作用下,物质能量的交换、热液活动的加剧以及沉积岩系地壳硫的加入,进一步扩大了金元素的富集程度。目前14条金矿体赋矿岩性均为碳酸盐绢云石英片岩,特别是经韧性剪切构造改造后的强片理化带,是金矿体存储的理想场所。

4.2 韧性剪切带

金家河金矿床受控于不同岩性(段)界面间发育的韧性剪切带,主体骨架为 F_1^4 、 F_1^5 、 F_1^6 ,是经多期挤压伸展、走滑剪切等构造变形体制在区域断裂 F_1^3 旁侧形成的次级韧性剪切带,规模较大,一般长3~6 km,宽50~300 m不等,构造线近东西或北西向延伸。区内矿体多呈带状、条带状似平行分布,或呈小透镜体状雁列式排列,与剪切应力方向相一致,且含矿蚀变岩分布范围一般不会超过剪切带边界(任小华,2008)。成矿作用早期,岩石扭曲变形较强,剪切带内多见挤压透镜体-扁豆体、石香肠、柔流褶皱、鞘褶皱现象及显微尺度的“旋转斑、云母鱼”等中深层次的构造变形,以及在含矿构造带及附近断续可见辉长岩脉、中酸性岩脉等侵入体,表明矿体早期形成多集中在较深的构造变形域,该时期剪切构造变形为金的活化、迁移提供了驱动力和运输通道。成矿作用后期,早期的韧性变形明显降低,柔流褶皱消失,岩石片理化、碎裂化,含金石英细脉、碳酸盐网脉出现,并伴随黄铁绢英岩化及绢云母-碳酸盐化,含金流体运移至张性空间,特别是在构造片理化带内沉淀、富集,于浅部脆-韧性域成矿(何绍勋等,1996;王东生等,2009;李永勤,2015)。因此,韧性剪切带不仅将深部不同层次的含金流体向上导运,还提供运移通道和富集空间,既是导矿构造,也是容矿构造。

5 结论

(1)金家河金矿床位于勉-略-康构造混杂岩带中段,为一套含金背景值较高的火山-陆源碎屑等沉积岩系,经多期韧-脆性剪切构造作用叠加、改造,运移至构造片理化带浅部富集成矿,是构造蚀变岩型金矿床。

(2)通过对控矿因素分析,北西向或近东西向次级韧性剪切带 F_1^4 、 F_1^5 、 F_1^6 为金矿体的直接控矿构造,地层岩性(古生界金家河岩组的碳酸盐绢云石英片岩)和岩浆岩脉次之。

(3)根据目前钻探工程最新资料,地表经探槽控制的矿(化)体,向深部有变富变厚的趋势,特别是北矿带Au7矿体两侧Au7-1和Au7-2矿化体在深部层位均有相应矿体对应,且品位、厚度呈增长趋势,随着工程深度的加大,有望在更深部发现新的富

矿层位。

参考文献(References):

杨运军,张小明,胡义等. 陕西省勉略宁地区基础地质调查项目成果报告[R]. 西安:陕西省地质调查中心,2018.

王瑞廷,秦西社,袁海潮,等. 小秦岭金钼多金属矿集区区域地质地球化学特征、成矿模式与找矿方向[A]. 中国矿物岩石地球化学学会第17届学术年会论文摘要集[C]. 2019.

WANG Ruiting, Qin Xishe, YUAN Haichao, et al. Regional geological and geochemical characteristics, metallogenic model and prospecting direction of the Gold-molybdenum polymetallic deposit area in Xiaoqinling Mountains, China [A]. Abstract of papers presented at the 17th Annual Conference of The Chinese Society for Mineral and Rock Geochemistry [C]. 2019.

任小华,金文洪,王瑞廷,等. 南秦岭略阳干河坝金矿床地质地球化学特征[J]. 中国地质,2007,34(5):878-886.

REN Xiaohua, JIN Wenhong, WANG Ruiting, et al. Geological and geochemical features of the Ganheba gold deposit, Lueyang, South Qinling [J]. Geology in China, 2007,34(5).

王启,汪军谊,赵忠孝,等. 陕西略阳干河坝金矿床控矿构造与矿体空间展布规律分析[J]. 西北地质,2007,40(增刊):49-54.

WANG Qi, WANG Junyi, ZHAO Zhongxiao, et al. Analysis of ore-control structures and spatial distribution of orebodies of Ganheba gold deposit, Lueyang County, Shaanxi Province [J]. Northwestern Geology, 2007, 40 (Sup):49-54.

金文洪,汪志强,高晓宏. 勉-略混杂岩带构造地质特征与金矿成矿-以陕西略阳县干河坝金矿床为例[J]. 甘肃地质,2011,20(3):37-45.

JIN Wenhong, WANG Zhiqiang, GAO Xiaohong. Tectonic and geological characteristics and gold mineralization of Mian-Lue hybrid belt - a case study of Ganheba gold deposit in Lueyang County, Shaanxi [J]. Gansu Geology, 2011,20 (3):37-45.

赵忠孝,王凤仙,金文洪. 陕西干河坝金矿床矿体侧伏规律及找矿前景[J]. 黄金科学技术,2012,20(1):37-41.

ZHAO Zhongxiao, WANG Fengxian, JIN Wenhong. Ore-

body lateral law and ore prospecting prospect of Ganheba gold deposit, Shaanxi Province [J]. Gold Science and Technology, 2012,20 (1) : 37-41.

张宗清,张国伟,唐索寒. 南秦岭变质地层同位素年代学[M]. 北京:地质出版社,2002.

ZHANG Zongqing, ZHANG Guowei, TANG Suohan. Isotopic geochronology of metamorphic strata in North Qinling Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.

张欣,徐学义,宋公社,等. 西秦岭略阳地区鱼洞子杂岩变形花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年及地质意义[J]. 地质通报,2010,29(04):510-517.

ZHANG Xin, XU Xueyi, SONG Gongshe, et al. Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating and significance of Yudongzi Group deformation granite from Lueyang area, western Qinling, China [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(04):510-517.

张宗清,张国伟,唐索寒,等. 鱼洞子群变质岩年龄及秦岭造山带太古宙基底[J]. 地质学报,2001,(02):198-204.

ZHANG Zongqing, ZHANG Guowei, TANG Suohan, et al. On the Age of Metamorphic Rocks of the Yudongzi Group and the Archean Crystalline Basement of the Qinling Orogen [J]. Acta Geologica Sinica, 2001, (02): 198-204.

杨雨,范国琳,姚国金,等. 甘肃省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.

YANG Yu, FAN Guolin, YAO Guojin, et al. Rock strata in gansu province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997.

弓晨,裴先治,李瑞保,等. 南秦岭勉略构造带略阳三岔子地区金家河千枚岩沉积物源分析:碎屑锆石 U-Pb 年代学证据[J]. 西北地质,2019,52(04):28-52.

GONG Chen, PEI Xianzhi, LI Ruibao, et al. Despositional Provenance Analysis of the Jinjiahe Phyllite from San-chazhi Area (Lueyang County) in Mianlue Tectonic Belt of South Qinling, Shaanxi: Evidence from Detrital Zircon U-Pb Dating [J]. Northwest Geology, 2019, 52(04): 28-52.

徐通. 秦岭南缘勉略构造带康县-略阳地区组成特征及构造演化研究[D]. 西安:长安大学,2016.

XU Tong. Component feature and Tectonic Evolution of Mianlue Tectonic Zone in Kangxian-Lueyang Area, South

Margin of Qinling Orogen[D]. Xi'an:Chang'an University,2016.

任小华. 陕西勉略宁地区金属矿床成矿作用与找矿靶区预测研究[D]. 西安:长安大学,2008.

REN Xiaohua. Study on metallogenesis and prediction of ore-prospecting target in MianLueNing area,Shaanxi Province [D]. Xi'an: Chang'An University,2008.

陕西省地质调查院. 1:25 万略阳幅区域调查报告[R]. 西安:陕西省地质调查院,2007.

刘宝星,裴先治,李瑞保,等. 南秦岭勉略构造带横现河地区变质沉积岩形成时代及物源——来自 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 年龄的证据[J]. 西北地质,2020,53(2):77-101.

LIU Baoxing,PEI Xianzhi,LI Ruibao ,et al. Age and Provenance of the Metasedimentary Rocks of Hengxianhe Area in Mianlue Tectonic Belt of Southern Qinling: Evidence from Detrital Zircons LA-ICP-MS U-Pb Dating [J]. Northwestern Geology,2020,53(2):77-101.

何绍勋,段嘉瑞,刘继顺,等. 韧性剪切带与成矿[J]. 北京:地质出版社,1996.

HE Shaoxun,DUAN Jiarui,LIU Jishun, et al. Ductile shear zone and mineralization[J]. Beijing, Geological Publishing House,1996.

王东生,王瑞廷,代军治,等. 秦岭造山带金属矿床的“二元控矿”特征[J]. 地质学报,2009,83(11):1718-1728.

WANG Dongsheng, WANG Ruiting, DAI Junzhi, et al. “Dual Ore Controlling Factors” Characteristics of Metallic Deposits in the Qinling Orogenic Belt[J]. Acta Geologica Sinica,2009,83(11):1718-1728.

李永勤,王瑞廷,丁坤,等. 陕西凤县八卦庙金矿脆韧性剪切带控矿构造及成矿模式探讨[J]. 西北地质,2015,48(1):101-108.

LI Yongqin, WANG Ruiting, DING Kun, et al. Discussion on ore-controlling structure and metallogenic model of the Baguamiao gold deposit in Fengxian County, Shaanxi Province [J]. Northwestern Geology, 2015,48(1):101-108.

新疆瓦吉里塔格岩浆型钒钛磁铁矿

成矿区带:塔里木盆地(中央地块)成矿区(Ⅲ-16)。

建造构造:基性-超基性岩侵入体岩石组合为辉长岩-辉石岩-橄辉岩,矿体主要赋存于辉石岩相带。

成矿时代:石炭纪或二叠纪。

成矿组分:Fe(Ti,V)。

矿床(点)实例:(新)巴楚县瓦吉里塔格钒钛磁铁矿床。

简要特征:钒钛磁铁矿赋存于辉石岩相,呈浸染状和极少量的致密块状;金属矿物主要有磁赤铁矿、磁铁矿、钛铁晶石、次有钛铁矿,假象赤铁矿;矿石 TFe 品位一般 20.00%左右,局部 25%~40%,TiO₂ 5.5%~8.5%,伴生 V₂O₅ 0.15%~0.2%。

成因认识:晚古生代裂谷环境,幔源铁质基性岩浆分异形成钒钛磁铁矿床。

(中国地质调查局西安地质调查中心 杨合群)