doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.06.008

河南嵩县庙岭金矿矿体赋存规律及深部找矿预测

丁培超^{1,2},郭勤强¹,刘玉刚^{1,2},郎磊¹,徐金武^{1,2},陈晓利¹ DING Peichao^{1,2}, GUO Qingiang¹, LIU Yugang^{1,2}, LANG Lei¹, XU Jinwu^{1,2}, CHEN Xiaoli¹

1.河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院,河南 洛阳 471023;

2.河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室,河南 洛阳 471023

1.No.1 Institute of Geological and Mineral Resources Survey, He'nan Bureau of Geo-exploration & Mineral Development, Luoyang 471023, He'nan, China;

2. Key Laboratory of Metallogenic Series and Deep Prediction of Gold and Silver Polymetallic Deposits of He'nan, Luoyang 471023, He'nan, China

摘要:河南嵩县庙岭金矿位于华北陆块南缘熊耳山-外方山贵金属及多金属成矿带上,是受断裂控制的中低温热液矿床。目前该矿山保有资源严重不足。为取得深部找矿预测突破,缓解生产压力,以成矿构造研究为切入点,进行构造行迹分析及赋 矿规律总结。研究结果表明,F8含矿构造带具右行压扭性力学性质,构造带延伸较稳定;构造带内矿体赋存与构造带产状变 化关系密切,沿构造带走向上矿体的有利赋存位置位于构造带的走向偏转部位、分支复合部位、构造交会部位及局部构造膨 大部位,倾向上矿体的有利赋存位置为构造带倾角由陡变缓的缓倾斜段,且矿体空间分布具向右侧伏特征。结合靶区验证成 果,认为 F8含矿构造带向深部仍有稳定的延伸,带内仍存在明显的矿化线索,具有进一步找矿潜力。 关键词:赋存规律:断裂带控矿:找矿预测:庙岭金矿:矿产勘查工程:河南

入庭前:风行,阳不可不可至少,祝为汉风;周望至为,为了的重二位,行用

中图分类号:P618.51 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2023)06-0953-13

Ding P C, Guo Q Q, Liu Y G, Lang L, Xu J W, Chen X L.Occurrence regularity of orebody and deep prospecting prediction of Miaoling gold deposit in Songxian County, He'nan Province. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(6):953–965

Abstract: Miaoling gold deposit, Songxian County, He'nan Province is located in Xiong' ershan—Waifangshan metallogenic belt along south margin of North China Block. It is medium—low temperature hydrothermal deposit controlled by fragile structure. At present, the reserve resources of mine are seriously insufficient. For making a breakthrough in deep prospectivity and relieving production pressure, this study begins with metallogenic structure. Through analyzing structural features and summarizing the occurrence of the orebody, it is proposed that F8 ore—bearing structural belt is compression—torsion in mechanical property and it's structural extension is stable. The occurrence of ore bodies in the structural belt is closely related to the change of the attitude of the structural belt. The favorable occurrence positions along structural belt tendency are located in the gently inclined section while the dip angle of the structural belt changes from steep to gentle. In addition, the spatial distribution of the ore body has the characteristics of right lateral trending. Combined with the verification of the target area, the results of this study suggest that F8 ore—bearing tectonic belt still has a stable extension and there are obvious mineralization clues in the deep, which can provide guidance for further mineral exploration. **Key words:** deposit law; fault—controlling deposit; prospecting prediction; miaoling gold deposit; mineral exploration engineering; He'nan Province

河南省嵩县庙岭金矿地处华北陆块南缘熊耳 山-外方山贵金属及多金属矿产集中区(陈毓川 等,2006),庙岭-九仗沟金矿带南段。该金矿带走 向呈近南北向,延长大于 8.5 km,自南向北发育庙

收稿日期:2022-03-08;修订日期:2022-05-23

资助项目:中国地质调查局项目《河南省庙岭矿集区深部找矿预测》(编号:DD2019057012)、河南省嵩县庙岭金矿有限公司项目《河南省 嵩县庙岭金矿区深部预测及外围探矿》

作者简介:丁培超(1989-),男,硕士,工程师,从事矿产地质勘查与研究。E-mail:dingpeichao1314@163.com

2023年

岭、小南沟、赵岭、九仗沟、东湾等金矿区,其中庙 岭金矿床主要赋存于 F8 含金断裂带上。自 20 世 纪 90 年代开始,近 30 年的勘查获得资源储量近 30 t,但是经过多年的矿产开发,目前矿山保有资 源严重不足。为延长矿山服务年限,开展深部找 矿预测,寻找新的开发利用矿段,增加资源储量成 为关键。

区域上成矿条件优越,众多专家学者对其开展 了大量的研究工作,从不同角度对矿床所处的构造 环境、成矿作用特征、区域动力学背景等进行了深 入探讨(任纪舜等,1997;毛景文等,2003;邓小华 等,2008;陈衍景等,2009;王俊鹤等,2020)。庙岭 矿区相邻的重点金矿床,如九仗沟(张伟等,2007; 杨春蕾,2017)、前河(汪在聪等,2008;朱沛云等, 2014)、祁雨沟(范宏瑞等,2000)、店房(王书来 等,2002)、小南沟(祝新友等,1998;崔来运, 2006)等积累了大量研究成果,为矿床的对比研究 奠定了基础。针对庙岭金矿区,前人在矿床地质 特征、地球化学特征、成矿时代、矿床成因、成矿模 式等方面取得了很多成果(庞振山等,2005;翟雷 等,2012;李正远,2015),在控矿构造特征、找矿方 向等方面也积累了一些认识(丁培超等,2020;刘玉 刚等,2022)。

研究表明,庙岭金矿成矿类型为中低温热液构 造蚀变岩型(翟雷等,2012;李正远,2015),断裂为 主要的控矿因素,对控矿构造开展系统的研究,是 实现深部找矿突破的关键。矿区地质构造复杂,不 同方向的断层相互交织,且次级构造、平行构造、反 倾构造发育,使构造的梳理及对比研究难度较大, 出现了构造尖灭、构造反转、断层错段等认识。矿 山生产中,由于采空区密集且井下干扰因素较多, 导致针对性勘查手段的选择及异常的推断解释难 度较大。以往调查工作虽取得了诸多找矿成果,但 也存在部分认识与地质事实不符。

鉴于上述诸多因素,本文重点从含矿构造自身 属性出发,在以往成果的基础上,确定了 F8 含矿断 裂带的性质、规模,对构造带内矿体的赋存规律开 展了系统总结,优选了深部找矿预测靶区,提取了 有利矿化地段,推断了构造带深部延伸趋势,并通 过钻探工程成功验证,取得了新的找矿线索,对矿 区乃至庙岭-九仗沟金矿带进一步的深部找矿预测 工作具有重要的意义。

1 成矿地质背景

庙岭金矿位于华北陆块南缘熊耳山台窿/变质 核杂岩带中,区域上大地构造演化大体经历了新太 古代—古元古代结晶基底形成演化阶段、新元古 代—中三叠世板块构造演化阶段、中新生代陆内造 山演化阶段(张国伟等,2001),在多期构造运动背 景下形成了大规模的岩浆活动、复杂的构造格架及 密集分布的矿产。

熊耳山—外方山地区地层为由结晶基底和盖 层组成的双层结构,结晶基底主体为太华群变质 岩,盖层主体由熊耳群火山岩及少量沉积地层组 成。区域断裂构造发育,以北西西向和北东向为 主,北西向与近南北向次之,其中,马超营断裂为区 域上规模最大的断裂构造。区域岩浆侵入活动强 烈,主要集中在新太古代、侏罗纪及早白垩世,其中 太古代岩浆活动表现为中基性—中酸性的火山喷 发及 TTG 岩系的侵入, 岩体经历了强烈变质变形 改造,目前呈片麻岩体产出,侏罗纪岩体为五丈山 花岗岩基(156.8±1.2 Ma)(毛景文等,2005;聂政融 等,2015),早白垩世岩体有花山(130.7±1.4 Ma) (聂政融等,2015)、合峪(134.5±1.5 Ma)(高昕宇 等,2010)等花岗岩基,以及蒿坪沟(130.5±1.1 Ma) (梁涛等,2015)、雷门沟(131±0.6 Ma)(曹晶等, 2016)、祁雨沟(132.3±1.3 Ma)(王鹏等,2020;刘馨 等,2021)等小岩体。区域上,优势矿产为金、钼、 银、铅、锌,金矿有上宫、九仗沟、庙岭、祁雨沟等金 矿床,钼矿有雷门沟、鱼池岭、石瑶沟、纸房等钼矿 床,银铅锌矿有铁炉坪、沙沟、蒿坪沟等银铅矿床 (图1), 矿床成矿年龄集中在 117~135 Ma, 矿床成 因类型包括中低温岩浆热液蚀变岩型、石英脉型、 斑岩型、隐爆角砾岩型等(范宏瑞等,2000;李正远 等,2014;曹晶等,2016)。

2 矿床地质

2.1 矿区地质

矿区出露地层为中元古界熊耳群鸡蛋坪组,主 要岩性为流纹岩、流纹质凝灰熔岩,局部出露流纹 质凝灰岩和流纹质火山角砾岩。地层呈单斜构造, 总体倾向北东,倾角 25°~40°(图 2)。侵入岩不甚 发育,仅零星分布脉状产出的晚侏罗世花岗斑岩、 闪长岩、正长岩等,走向以北东向为主。



6-中生代花岗岩;7-地质界线;8-断层;9-金矿;10-银矿;11-银铅锌矿;12-钼矿;13-研究区

矿区断裂构造发育,按走向可分为近南北向、 近东西向和北东向。以近南北向断裂为主,包括 F8、F22、F9、F18、F19等,为矿区主要的赋矿构造。 近南北向断裂多西倾,倾角 30°~80°,以 F8 为代表, 为矿区内最重要的含矿断裂蚀变带。F8 在矿区内 出露长度 3.8 km, 宽 7~42 m, 倾向 260°~280°, 倾角 30°~59°,断面呈舒缓波状,分支复合特征明显,断 裂带内次级构造发育,产状与主构造带基本一致。 断裂带内的充填物质主体为构造角砾岩、碎裂岩、 断层泥砾岩等,岩石变形明显,角砾多具碾磨及磨 圆特征。断裂带内矿化蚀变较强,含矿性好,赋存 多个工业矿体。F8 主含矿构造旁侧可见零星分布 的小规模近南北向含矿构造,推测为 F8 的次级构 造:另在矿区中部大东沟东侧山坡发育一条缓倾的 近南北向含矿构造,产状大致为75°∠20°,与地层 产状基本一致,为一组层间顺层构造。

近东西向断裂主要分布在矿区中、北部,具代 表性的有 F1、F5、F14 等,走向延长数百米,多北倾, 个别南倾,倾角 50°~80°,宽度 0.3~7.0 m。断面平 直光滑,带内充填物质多为碎裂岩、构造角砾岩,含 金性相对较差,仅在构造膨大部位或与南北向断裂 交会部位形成小规模金矿体。

北东向断裂一般规模较小,主要有 F11、F25、 F26 等,走向 30°~60°,多向北西陡倾,倾角 60°~ 75°,延长多小于1 km,宽度 1~10 m 不等。带内发 育碎裂岩、碎裂蚀变岩,多不含矿。

2.2 矿体特征

矿区已控制金矿体 22 个,其中 11 个赋存于 F8 断裂蚀变带中,矿体产出严格受断裂构造控制,形 态呈脉状、透镜状、豆荚状,具明显膨大狭缩、分支 复合特征。矿体产状与断裂带产状总体一致,F8 断 裂带中矿体倾角平均约为 35°,单矿体长度 80~ 630 m,厚度 0.38~8.23 m,矿体延深与延长比值一 般大于1:1。矿体形态较复杂,局部地段矿体受后 期构造错动影响而被破坏。

2.3 矿石特征

矿区矿石类型为构造蚀变岩型,矿物成分复杂,金属矿物以金属硫化物为主,含量 0.2%~8%,





主要为黄铁矿,次为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿。金矿 物以自然金为主,次为银金矿,呈点滴状、麦粒状、 针尖状及细脉状,嵌布形式以包体金、裂隙金和粒 间金为主,粒度多小于 0.01 mm。脉石矿物主要为 石英、钾长石、斜长石,次为绢云母、绿泥石、方解 石、高岭石、萤石等。矿石结构主要为包含结构、交 代结构、粒状结构、压碎结构;构造以浸染状、星点 状、细脉-网脉状为主,次为块状、角砾状、蜂窝状, 其中细脉状、蜂窝状、浸染状含金较好。

2.4 围岩蚀变

矿体产于鸡蛋坪组火山岩及其蚀变碎裂岩 中,矿化蚀变类型有硅化、钾化、黄铁绢英岩化、黄 铁矿化、萤石化、绿泥石化、碳酸盐化、粘土化等, 与成矿关系密切的主要为黄铁矿化、硅化、绢云母 化、萤石化,尤其在黄铁绢英岩化强烈地段,金矿 化较强。

2.5 成矿期次与成矿阶段划分

矿区成矿作用阶段可划分为热液期和表生期。 热液期包括 3 个矿化阶段:①黄铁矿-石英阶段:矿 液沿断裂带强烈充填交代构造蚀变岩,形成含少量 星点状半自形—自形晶黄铁矿的早期硅化构造透 镜体,伴有早期钾化,此阶段金矿化较弱;②石英-黄铁矿阶段:早期蚀变碎裂岩受应力破碎,再次被 含矿热液充填交代,形成含半自形-他形晶黄铁矿 的矿化岩石,并伴有方铅矿、闪锌矿、萤石、黄铜矿 等,为主要金矿化阶段;③石英-碳酸盐阶段:形成 铁白云石-石英-方解石等细脉沿裂隙充填于岩石 及矿石中,此阶段金矿化极弱。表生期的主要特征 是硅铝矿物次生粘土化,以及金属硫化物氧化成褐 铁矿、赤铁矿、蓝铜矿、孔雀石、白铅矿等。

2.6 矿床成因

庙岭矿区金矿石中钾长石⁴⁰ Ar-³⁹ Ar 法测年结 果显示, 矿区成矿年龄为 117.0±1.6 Ma(翟雷等, 2012);金矿石中石英氢-氧同位素测试δ¹⁸O_{HO}值 为-6.0‰~8.5‰,表明成矿流体以原生岩浆水为 主,并有大气水混入;成矿期方解石碳-氧同位素测 试δ¹³C_{V-PDB}介于-2.2‰~-1.0‰之间,平均值为 -1.575‰, δ¹⁸O_{V=MOW}为 10.9‰~13.5‰, 平均值为 12.275‰,表明成矿流体中C与花岗岩浆作用密切 相关①;铅同位素测定表明,铅主要为岩浆来源,并 有部分幔源物质混入(李正远,2015);流体包裹体 测温显示主成矿阶段温度为143~225℃,表明成矿 类型为中低温热液型,流体包裹体中气相成分为 H₂O 和 CO₂,液相成分为 H₂O 和 CO₃²⁻,早期成矿 流体处于弱碱性、相对还原环境,流体由早期中温、 中一低盐度的 H₂O-NaCl-CO₂ 型,向晚期低温、低 盐度的 H₂O-NaCl 型演化(李正远, 2015)。综合研 究表明,庙岭金矿床成因类型应为中低温岩浆热液 充填交代而成的构造蚀变岩型。

3 F8 含矿断裂带矿体赋存规律

3.1 F8 含矿断裂带的力学性质及规模

由构造形态看,F8 含矿断裂带性质总体稳定, 特征清晰。断层面平直光滑,多见擦痕、阶步及摩 擦镜面(图 3-a);断裂带沿走向及倾向延伸稳定,呈 现明显的舒缓波状特征(图 3-b);断裂带内岩石变 形强烈,多见压碎、磨圆现象(图 3-c),局部伴有糜 棱岩化及挤压片理(图 3-d)。显示出 F8 构造带具 多期变形特征,结合区域构造演化及矿床成矿作用 过程,大致可分为成矿前、成矿期和成矿后 3 个构造 变形阶段。

成矿前构造变形阶段:该期构造活动控制了 F8 的形成,奠定了 F8 的主体空间格架,形成了规模宏 大的断裂带,平直光滑、舒缓波状的构造面,并伴有 挤压片理化带的形成,呈现出压扭性力学性质。断 裂带形成过程中切穿了先期的近东西向断裂,在构 造交会部位构造角砾受压扭性变形而被磨圆。在 近东西向断裂被近南北向断裂错断,近东西向断裂 自西向东具向南错动特征,另 F8 舒缓波状构造面的 "陡波面"多位于"缓波面"的左侧,综合表明 F8 具 右行运动性质。结合同期形成的 F22 在矿区白家洼 一带切穿了晚侏罗世花岗斑岩,显示成矿前构造活 动期应晚于 157 Ma(李正远等,2014)。

成矿期构造变形阶段:该期构造活动继承了成 矿前运动特征,具右行压扭性,控制了构造带内金 矿体的分布。含矿热液沿构造带充填交代成矿,结 合矿体分布特征,带内厚大矿体易出现在构造带走 向上自近南北向向北北东向的偏转区域,该区域为 构造带的引张面,易于矿液的聚集沉淀。结合钾长 石⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄,该期构造活动应集中在 117.0 Ma 左右(翟雷等,2012)。

成矿后构造变形阶段:该期构造活动以压扭性 为主,在断层面上发育斜冲擦痕,沿构造顶底板断 续出现数十厘米的断层泥砾岩,构造带内矿体被碾 磨形成糜棱岩块。该期构造活动对金矿体有一定 的破坏作用,但构造变形位移总体较小。

关于 F8 含矿断裂带的规模,由于奠定其构造格 架的早期构造活动具压扭性,结合压扭性构造产状 延伸稳定,沿走向、倾向延伸较远的普遍认识(李四 光等,1999),预示其具有较大的规模。F8 地表出露 长度大于 8.5 km,结合压扭性断裂带沿倾向延深至 少为沿走向延长 1/3 的统计规律,预示 F8 沿倾向的 延深长度应大于 2.8 km,表明 F8 沿其倾向向深部 仍有稳定的延伸。

3.2 矿体有利赋存位置及空间赋存特征分析

3.2.1 矿体沿走向的有利赋存位置

F8 含矿断裂带沿走向具明显的舒缓波状特征, 地表调查及井下采矿发现,沿构造带走向上矿体的



图 3 F8 含矿断裂带构造变形特征

Fig. 3 Tectonic deformation characteristics along F8 ore-bearing fault zone a-平直光滑构造底板面(扭性结构面);b-波状弯曲构造底板面(压性结构面); c--坑道中构造带内岩石破碎及磨圆特征;d--挤压片理带特征

有利赋存位置多位于构造走向偏转部位、分支复合 部位、构造交会部位及局部构造膨大部位,特别是 沿构造带走向向右偏转部位为最有利的矿体赋存 位置(图4)。结合构造运动学及其力学性质,成 矿期时沿 F8 走向上,构造带两侧岩石呈右行压扭 错动,导致沿构造带走向由近南北向向北北东向 偏转区域为相对引张环境,伴随构造活动易形成 拉张空间,有利于厚大矿体形成;而构造带的北北 西向段为相对紧闭环境,多不形成矿体或矿体的厚 度较小。

因而在 F8 含矿断裂带第 28~40 勘探线、第 3~16勘探线之间,构造带走向具向右偏转趋势,形 成贾才沟和庙岭 2 个富矿段(图 2);在庙岭矿段第 3~8 勘探线之间,构造带走向同样具右偏行迹而成 为整个矿区的矿化中心(图 4)。在第 16~28 勘探 线、第 3~15 勘探线之间构造带沿走向呈现向左偏 转特征,为相对紧闭环境而成为无矿段。另外,在 第 15 勘探线以北地段亦出现了矿化富集现象,应与 近南北向 F8 断裂与近东西向 F14 断裂交会有关,同 样的构造交会导致的矿化富集现象在 F22 含矿构造的两岔段亦有出现(图 2)。

3.2.2 矿体沿倾向的有利赋存位置

F8 含矿断裂带在倾向上由地表向深部同样具 波状弯曲特征。钻探施工及井下采矿发现,沿构造 带倾向上矿体的有利赋存位置多位于构造倾角由 陡变缓的缓倾斜地段。结合构造运动学和力学性 质分析,在倾向上构造面的缓倾斜部位,伴随构造 活动易形成引张空间,有利于矿液的运移与沉淀; 而在陡倾斜部位构造带为相对紧闭环境,不利于成 矿,或形成的矿体规模较小。

以矿区第 15 勘探线剖面为例(图 5),在 PD639~PD596之间、PD596~PD576之间、PD544~ PD512之间均为构造带的缓倾斜段,坑道中构造带 规模明显增大,热液活动及矿化蚀变强度明显增 强,且构造带内多见角砾岩及残留的构造岩块。在 庙岭矿段第 8 勘探线 YD663、PD576、PD478 坑道中 (图 8),以及相邻的小南沟金矿区、九仗沟金矿区亦 具相似的赋存特征。



Fig. 4 Schematic diagrams of ore distribution in PD478(a) and PD512(b) in Miaoling ore section 1-流纹岩;2-碎裂流纹岩;3--碎裂岩;4--地质界线;5--坑道位置及编号;6--矿体位置;7--勘探线位置及编号



图 5 庙岭矿段第 15 线勘探线剖面示意图







Fig. 6 Vertical projection map of ore distribution along Miaoling-Jiuzhanggou gold mineralization belt

3.2.3 矿体有利赋存位置随深度变化趋势

以往地质勘查工作显示区内的矿体由地表向 深部具向北侧伏特征,为系统研究矿体侧伏的原 因,探讨含矿构造带内矿体赋存位置随深度的变化 趋势,对庙岭-九仗沟金矿带上各矿段的金矿体绘 制了垂直纵投影图(图6)。由图6可知,各矿段自 地表向深部,矿体在倾向上延伸总体连续,在走向 上矿体延长并未出现明显变窄趋势;各矿段规模沿 走向长度变化范围为130~560 m,平均值360 m;矿 段间隔沿走向长度变化范围为150~550 m,平均值 300 m;各矿段矿化中心沿走向分布总体均匀,间距 变化范围为300~1250 m,平均值为660 m,基本符 合等距性原则;各矿化中心及矿体边缘总体呈现向 北侧伏特征,侧伏角为0°~24°,大致集中在15°左 右,与地球化学研究提出的"金矿体具有向北侧伏 的趋势"认识一致(祝新友等,1999)。

庙岭-九仗沟金矿带各矿段矿体的侧伏应是普 遍规律,由于矿体的分布严格受断裂构造控制,构 造的产状及性质应是导致矿体侧伏的直接原因。 由于控矿构造兼具右行走滑和压性特征,压性作用 导致构造带呈现舒缓波状行迹特征,沿构造面按一 定的间距呈现规律性波动,进而控制矿段及矿化中 心的分布;侧伏现象应是右行走滑叠加在压性结构 面上的反映,右行走滑导致波状起伏的压性结构面 发生向右扭曲。由于构造具右行走滑特征,表明剪 切应力为南北向;构造面自地表至深部侧伏方向向 北(自地表至深部向右扭曲的规模增大),显示剪应 力来源于南侧深部。

3.2.4 矿体空间赋存特征分析

矿体沿走向、倾向、侧伏向的赋存规律表明:矿 体沿走向并非规模稳定的脉状,而是在有利的赋 矿部位膨大,在膨大段外围狭缩,形态呈藕节状 (图7俯视图);矿体沿倾向具相似特征,在构造缓 倾斜段膨大,在陡倾斜段狭缩(图7侧视图)。导 致矿体形态在空间上呈规律性膨大、狭缩的扁豆 状。叠加侧伏规律,使扁豆状矿体的长轴大致沿 15°的侧伏角向北侧伏,形成图7中的理想矿体空 间赋存形态。

矿体藕节状的分布规律,在找矿预测方面具有 两方面的意义:首先,面向庙岭-九仗沟金矿带,每 段"藕"可对应于构造带走向向右偏转的一个大型 波状起伏面,该区域应与矿段相对应,对于在整个 金矿带寻找、筛选找矿预测区具有显著的指导作 用;其次,对单个矿段而言,大型波状面上同时叠加 有次级的波状起伏,而次级的波状面往往决定了矿 体的膨大与狭缩,对于在某个矿段内厚大矿体的定 位预测具有明显的促进作用。

3.3 矿体规模特征分析

区内矿体形态呈透镜状、豆荚状,构造研究理 想模型推断矿体呈扁豆状,两者特征的一致性表明 矿体形态与构造性质的统一性。通过矿体规模研 究,对控矿构造规模、矿体定位预测及勘查工作的 布置均具指导意义。

3.3.1 矿体规模特征

矿体沿走向长度统计结果表明(表 1),不同中 段矿体膨大段长度变化范围为 32~210 m,平均值 为 67.5 m;狭缩段长度变化范围为 32~110 m,平均 值为 52.0 m。矿体沿走向膨大段、狭缩段长度差别 不大,间隔大致为 60 m。矿体沿倾向长度统计结果 显示(表 2),不同勘探线剖面中矿体膨大段长度变 化范围为 42~145 m,平均值为 81.1 m;矿体狭缩地 段长度变化范围为 26~167 m,平均值为 78.5 m。

中段编号 -	膨大段间隔/m			狭缩段间隔/m		
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
663 中段	43	52	47.5	32	52	42.0
651 中段	47	64	55.5	40	65	52.5
632 中段	64	64	64.0	42	64	53.0
616 中段	44	67	55.5	46	75	60.5
596 中段	46	77	61.5	42	55	48.5
576 中段	50	64	57.0	28	34	31.0
544 中段	63	70	66.5	37	61	49.0
512 中段	68	210	139	88	110	99.0
499 中段	57	84	70.5	62	62	62.0
478 中段	60	75	67.5	22	49	35.5
459 中段	58	81	69.5	40	63	51.5
439 中段	32	78	55.0	36	44	40.0
	平均值			平均值		52.0

表 1 矿体沿走向长度统计结果 Table 1 Length statistics of orebody along structure trend

表 2 矿体沿倾向长度统计结果

Table 2 Length statistics of orebody along structure tendency

勘探线编号	膨大段间隔/m			────────────────────────────────────		
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
8线	42	122	69.6	26	60	46.3
0线	73	145	111.3	49	56	52.3
7线	60	65	62.3	107	167	137.0
平均值			81.1	平均值		78.5



图 7 庙岭矿区 F8 含矿断裂带矿体空间赋存理想示意图 Fig. 7 Ideal schematic of ore distribution in F8 ore bearing structural belt of Miaoling gold deposit

矿体沿倾向膨大段、狭缩段长度差别亦不大,间隔 大致为80m。

3.3.2 矿体规模特征的指示意义

矿体规模统计结果表明,矿体沿走向、倾向的 膨大狭缩特征基本符合等距性原则,表明 F8 含矿构 造带中次级波状起伏面近于等间距分布;矿体沿走 向的延长略小于沿倾向的延深,反映矿体沿倾向延 伸的稳定性较好,与整个金矿带上矿体规模沿走向 延长与沿倾向延深的比值一般为 1.0:1.3,最大可 达 1.0:4.5 的统计结果一致(翟雷等,2012),亦与 叶天竺等(2014)统计的"压扭性构造成矿,一般延 深大于延长,单体规模大,相对稳定"的规律一致。

在勘查方面,由于区内金矿体的厚度、品位变 化较大,为有效控制矿体形态,沿走向采用的勘查 间距应为 60 m,沿倾向采用的勘查间距应为 80 m。 该认识在生产勘探中亦得到了印证。在矿区第 8 勘 探线(图 8),先期按照 160 m 倾向间距实施的 ZK802、ZK804、ZK806 钻孔,均打到矿体的狭缩段, 而后采矿时由坑道进行了加密,在加密段均控制到



图 8 庙岭矿段第 8 勘探线剖面简图 Fig. 8 Geological section along No. 8 exploration line in Miaoling ore section

膨大段的厚大矿体。

4 深部找矿预测靶区优选及验证

4.1 深部找矿预测靶区优选

结合矿体赋存规律研究,沿 F8 含矿构造带近地 表矿体有利的赋存部位位于贾才沟矿段第 28~40 勘探线、庙岭矿段第 3~16 勘探线及第 15 勘探线以 北地段。含矿构造带的性质与规模反映其向深部 仍有稳定的延深;垂直纵投影显示,自浅部向深部 矿体规模并未呈现显著变小特征,表明在上述成矿 地段矿化沿构造带应是连续的;生产勘探、垂直纵 投影及原生晕研究均表明,矿体具向北侧伏的特 征,侧伏角大致为 15°。结合以上规律,优选贾才沟 矿段、庙岭矿段及第 15 勘探线以北地段,以 15°侧 伏角向深部延伸区域,作为深部找矿预测靶区。

4.2 庙岭矿段深部矿体的定位预测

为进一步筛选深部有利矿化位置,为钻孔验证 提供首选地段,以庙岭矿段为切入点,对深部矿体 开展了定位预测工作。

将庙岭矿段自地表(690m标高)至459m标高

各中段的矿体进行三维叠合(图9),显示由地表至 459 中段矿化总体连续,矿体延伸稳定,产状基本一 致。将各中段矿体进行水平投影(图10),在不同中 段上矿体形态呈藕节状、豆荚状,膨大狭缩、分支复 合明显,矿体长度变化范围为150~360 m,集中在 240 m左右,矿体长度基本一致。矿体走向呈近南 北向,但局部呈现扭曲的特征,沿走向大致以A-A' 线为界,南侧矿体底板(红色虚线)走向大致为 345°~357°,北侧矿体底板走向大致为3°~25°,两侧 存在约20°的向右偏转。在矿体形态方面,A-A'线 南侧矿体厚度变化相对稳定,厚度相对北侧薄;北 侧矿体厚度变化较大,且更易出现分支复合特征。

综上,筛选庙岭矿段推断矿段边界 S 与推断矿 段边界 N(图 10)之间为有利矿体赋存位置,边界线 的走向应为矿体侧伏的反映。对比 A-A'线两侧矿 体规模,北侧由于处在构造带沿走向向右偏转的有 利赋存位置,更易产出厚大矿体,因而确定 A-A'线 与推断矿段边界 N 之间为深部验证的首选位置。

4.3 深部赋矿构造形迹特征研究

矿区构造较复杂,钻探施工中对构造带的划



图 9 庙岭矿段矿体分布三维叠合图 Fig. 9 Three-dimensional composite graph of ore distribution in Miaoling ore section





分、对比及联结存在较大困难,为确定深部含矿构造的位置,提高钻探验证对构造带控制的准确性, 本次对深部赋矿构造的行迹进行了研究。

将庙岭矿段不同标高的构造进行水平投影(图 11),显示 663~459 m 标高范围内,F8 构造形迹特 征(红色实线)明显:构造走向呈近南北向,沿走向 延长规模相近,向深部延伸趋势协调,相邻标高间 构造线形态相似,但 F8 的构造形迹(红色实线)与 其他不明断层的构造形迹(蓝色实线)呈斜交关系。



3—不明断裂在 459 m 标高构造形迹; 2—17 在 010 m 标高构造形迹;

标高构造形迹:5--勘探线位置及编号

不同标高 F8 形迹特征的相似性是其统一的力学性 质、连续的空间分布及舒缓波状形态的反映,但在 459 m标高以下,以往勘查工作控制的不明断层延 伸断续、规模小、产状不稳定,与 F8 构造形迹差异较 大。结合扭性构造延伸稳定的共识,推断在 459 m 标高以下的不明断层并非 F8,并根据上部构造形 迹,对 F8 的深部延伸进行了推断(红色虚线)。

4.4 深部钻探验证

在找矿靶区优选、深部矿体定位预测及含矿构 造行迹研究的基础上,本次在庙岭矿段确定的深部 验证首选区内实施了 ZK309、ZK311、ZK709 三个深 部验证钻孔(图 10)。

以庙岭矿段第3勘探线为例(图12),采矿坑道 在PD478、PD459西段控制到厚大矿体,并结合深 部PD459、PD439内矿体位置,认为F8在剖面上应 沿上部构造带延伸(蓝色虚线),但在PD419并未见 矿。结合构造形迹研究,将图11中推断的构造位置 投影至第3勘探线上,重新厘定了F8的延伸位置 (绿色虚线),并由ZK309、ZK311两个钻孔进行验 证。经钻探施工,在新厘定的构造延伸位置成功控 制到大规模矿化蚀变带,带内岩性为硅化黄铁矿化 碎裂蚀变岩,并在其中圈定3层矿体,金品位0.95~ 1.75g/t,厚度0.37~1.11m;另结合蚀变特征,在深 部新发现2层含矿平行构造,金品位1.11~



图 12 庙岭矿段第 3 勘探线剖面简图
Fig. 12 Geological section along No. 3 exploration line in Miaoling ore section
1—流纹岩;2—碎裂岩;3—金矿体;4—含矿构造带;
5—构造产状;6—坑道位置;7—钻孔位置及编号;
8—以往推断 F8 位置;9—本次推断 F8 位置

1.28 g/t,厚度 1.01~1.19 m,拓展了含矿构造的空间规模。在第 0、第 7 勘探线取得了相似的找矿成 果,在新厘定的构造位置均控制到目标构造带,带 内岩性为硅化碎裂岩、黄铁矿化硅化蚀变岩、碎粉 岩等,构造带宽 5~48 m,矿化段厚 0.36~2.15 m,金 品位为 0.50~2.17 g/t。

5 结 论

(1) 庙岭金矿为受断裂构造控制的中低温热 液矿床,主含矿构造 F8 为一条大规模的含矿断裂 带,成矿期具右行压扭性力学性质,结合赋矿规律 研究及勘查成果,认为其向深部仍具有较大的找 矿潜力。

(2)沿 F8 含矿断裂带,走向上矿体的有利赋存 位置位于构造带的走向偏转部位、分支复合部位、 构造交会部位及局部构造膨大部位,倾向上矿体的 有利赋存位置为构造带倾角由陡变缓的缓倾斜段, 矿体空间分布具向右侧伏特征。

(3) 矿区内矿体形态呈透镜状、扁豆状,具明显的膨大狭缩特征, 矿体规模统计结果表明,单矿体

的平均规模为60 m×80 m,对控矿构造规模研究、矿体空间分布及勘查工作布置均具有指导意义。

(4)结合矿体赋存规律研究,优选贾才沟矿 段、庙岭矿段及第15勘探线以北地段,以15°侧伏 角向深部延伸区域为深部找矿预测靶区,提取A-A'线与推断矿段边界N之间作为深部验证的首 选位置。

(5) 深部钻探成果表明,沿 F8 含矿构造向深部 仍有稳定的矿化显示,并新发现含矿的平行构造分 布,拓宽了找矿方向和思路,对庙岭矿区乃至庙岭-九仗沟金矿带进一步的深部找矿预测工作具有重 要意义。

致谢:野外调查期间得到庙岭金矿的大力支持,文章编写过程中得到中国地质调查局发展研究 中心薛建玲正高级工程师、张晓飞博士及中国地质 科学院矿产资源研究所叶会寿研究员的悉心指导 与帮助,在此一并表示诚挚感谢。

注释

①叶会寿,田永飞,李正远河南省嵩县店房-庙岭金矿勘查区专项填 图与技术应用示范研究报告[R].中国地质科学院矿产资源研究 所,2016.

参考文献

- 曹晶,叶会寿,陈小丹,等.豫西雷门沟钼矿区花岗斑岩年代学、地球化 学和 Sr-Nd-Hf 同位素研究[J].矿床地质,2016,35(4):677-695.
- 崔来运.河南庙岭-小南沟-赵岭构造蚀变岩型金成矿带地质地球化 学模式[J].物探与化探,2006,(6):505-508.
- 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(增刊1):1-6.
- 陈衍景,翟明国,蒋少涌.华北大陆边缘造山过程与成矿研究的重要进 展和问题[J].岩石学报,2009,25(11):2695-2726.
- 丁培超,王振强,郭勤强,等.河南省庙岭-九仗沟金矿带矿化富集特征 及深部找矿远景评价[J].黄金,2020,41(10):7-12,18.
- 邓小华,李文博,李诺,等河南嵩县纸房钼矿床流体包裹体研究及矿 床成因[J].岩石学报,2008,24(9):2133-2148.
- 范宏瑞,谢奕汉,郑学正,等.河南祁雨沟热液角砾岩体型金矿床成矿 流体研究[J].岩石学报,2000,16(4):559-563.
- 高昕宇,赵太平,原振雷,等.华北陆块南缘中生代合峪花岗岩的地球 化学特征与成因[J].岩石学报,2010,26(12):3485-3506.

李四光地质力学概论(第二版)[M].北京:地质出版社,1999:10-16.

- 李正远,叶会寿,曹晶,等.河南嵩县庙岭金矿区花岗斑岩锆石 U-Pb 年龄、岩石地球化学和 Sr-Nd-Pb 同位素特征[J].岩石矿物学杂 志,2014,33(3):424-440.
- 李正远豫西庙岭金矿地质特征及成矿作用研究[D].中国地质大学 (北京)硕士学位论文,2015:1-66.

- 梁涛, 卢仁, 罗照华豫西熊耳山蒿坪沟黑云母花岗斑岩的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及地质意义[J]. 地质论评, 2015, 61 (4): 901-912.
- 刘馨,闫建明,吴少魁,等.豫西祁雨沟 189 号斑岩型金矿床围岩蚀变 和黄铁矿微量元素特征及其对成矿过程的约束[J].地质通报, 2021,40(9):1530-1546.
- 刘玉刚,丁培超,徐金武,等.河南省嵩县庙岭-九仗沟金矿带 F8 含矿 构造成因探讨[J].黄金,2022,43(8):5-9.
- 毛景文,张作衡,余金杰,等.华北及邻区中生代大规模成矿的地球动 力学背景:从金属矿床年龄精测得到启示[J].中国科学(D辑), 2003,(4):289-299.
- 毛景文,谢桂青,张作衡,等.中国北方中生代大规模成矿作用的期次 及其地球动力学背景[J].岩石学报,2005,21(1):169-188.
- 聂政融,王晓霞,柯昌辉,等.华北地块南缘花山、五丈山岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及成因[J].地质通报,2015,34 (8):1502-1516.
- 庞振山,赵春和,付法凯,等.河南省庙岭金矿床地球化学特征[J].物探 与化探,2005,(5):388-392.
- 任纪舜,牛宝贵,和正军,等.中国东部的构造格局和动力演化[C]// 中国地质科学院地质研究所文集(29-30),1997:61-73.
- 王俊鹤,李璨,王安,等豫西熊耳山地区重磁场特征与深部成矿预测[J]. 地质通报,2020,39(5):735-745.

- 王鹏熊耳山祁雨沟矿田燕山期岩浆活动与金成矿作用[D].中国地 质大学(北京)博士学位论文,2020:1-78.
- 王书来,胡拥民,李剑,等河南店房金矿床地质特征及找矿意义[J].矿 床地质,2002,21(S1):685-688.
- 汪在聪,李胜荣,申俊峰,河南省前河构造蚀变岩型金矿的砂卡岩化及 其找矿意义[]].矿床地质,2008,27(6):751-761.
- 杨春蕾.河南省嵩县九仗沟金矿地质地球化学特征[D].河南理工大 学硕士学位论文,2017:1-79.
- 叶天竺, 吕志成, 庞振山. 勘查区找矿预测理论与方法(总论)[M]. 北 京: 地质出版社, 2014: 395-404.
- 翟雷, 叶会寿, 周珂, 等. 河南嵩县庙岭金矿地质特征与钾长石⁴⁰Ar/³⁹Ar定年[J].地质通报, 2012, 31(4): 569-576.
- 张国伟,张本仁,袁学诚秦岭造山带与大地动力学[M].北京:科学出版社,2001.
- 张伟, 伍刚.河南省九丈沟金矿控矿构造分析[J]. 有色金属, 2007, (2): 70-74.
- 朱沛云,胡斌,赖峰,等.河南省前河金矿矿床成因及成矿模式探讨[J]. 地质找矿论丛,2014,29(2):199-205.
- 祝新友,樊江,王书来,等小南沟金矿构造控矿特征及成矿预测[J].贵 金属地质,1998,(3):54-60.
- 祝新友,樊江,王书来,等.河南嵩县小南沟金矿床矿体剥蚀深度评价[J].地球化学,1999,28(4):318-326.