

玲珑金矿田“入”字型构造控矿研究及找矿意义分析

李康^{1,2}, 刘涛^{2*}, 侯照亮^{1,3}, 武帅², 汤岩春², 李亚鹏¹

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院; 2. 山东黄金矿业(玲珑)有限公司;

3. 山东省地质矿产勘查开发局第六地质大队)

摘要:玲珑金矿田是全球典型的石英脉型金矿产区,矿体空间分布受区域断裂严格控制。石英脉通常以脉群形式出现,在主矿脉的两翼分布多条支矿脉,探索主脉与支矿脉的空间产出关系,对区域地质勘探有重要意义。基于长期野外构造填图与地质研究,提出了玲珑金矿田“入”字型构造的控矿规律。研究表明,主矿脉和支矿脉的空间展布普遍以小角度斜交状产出,形成类似汉字“入”的构造形态。其中,主断裂通常具多期活动性,为导矿通道;次级断裂与主断裂呈锐角相交,多为张扭性或压扭性裂隙,是储矿空间。基于“入”字型构造控矿规律,在西山矿段108矿脉和大开头矿段48矿脉下盘等处成功找到了高品位支矿脉,取得了找矿突破。这些找矿成果不仅丰富了玲珑金矿田的构造成矿理论,还为深部及外围找矿提供了重要的科学依据,对同类金矿床在复杂地质条件下的勘探工作具有重要参考价值。

关键词:玲珑金矿田;构造控矿;“入”字型构造;找矿突破;主矿脉;支矿脉;金矿床

中图分类号:TD11 P618.51

文章编号:1001-1277(2025)09-0055-06

文献标志码:A

doi:10.11792/hj20250906

引言

金矿资源具有极为重要的战略意义和经济价值。黄金作为贵重且稀缺的战略矿产资源,不仅是国际金融市场中的关键角色,还被广泛应用于电子、电气、通讯、医疗、化工、宇航、国防工业等现代高新技术产业。黄金在保障国家金融安全、经济稳定,抑制通货膨胀,提高国际信用等方面具有特殊作用。中国作为世界第二大经济体和最大的黄金消费国之一^[1],加强黄金的战略储备迫在眉睫。玲珑金矿田开采历史悠久,最早可追溯至春秋战国时期,宋代已有官方采金记录,1949年后进入有序大规模开采阶段。目前,玲珑金矿田主矿脉已开采殆尽,矿山逐步转向外围及深部找矿,且面临减产甚至资源枯竭的严峻局面^[2-3],迫切需要寻求接替资源,在主矿脉之外寻找支矿脉,对于打开老矿山的资源勘查局面和延长矿山服务年限显得尤为重要^[4]。通过系统分析已有研究成果,发现前期研究多集中在主矿脉的地质成矿规律,对主矿脉两翼及上下盘规模较小的支矿脉研究较少,而矿山近些年在主矿脉以外的支矿脉上找矿成果斐然,研究其成矿规律对扩大矿山资源储量具有重要意义。

本研究基于大量现场地质工作,通过构造地质分

析,提出“剖面上,在主矿脉下盘寻找陡倾斜支矿脉;平面上,在主矿脉两侧寻找剪切支矿脉”探矿方向,并取得了显著找矿突破,并将这一规律总结为玲珑金矿田“入”字型构造控矿特征。这不仅为玲珑金矿田的深部及外围勘探提供了科学指导,而且也同类金矿床在复杂地质条件下的勘探工作提供了宝贵经验。

1 区域地质背景

胶东半岛地处华北克拉通东南缘,其三面环抱于渤海与黄海之间,西部则以郯庐断裂为界^[5]。该区域被一条走向为北北东的五莲—烟台断裂划分,形成东南部的苏鲁地体与西北部的胶北地体^[6-8]。胶北地体进一步细分为胶北地块和胶莱盆地(见图1-A)。胶东半岛的金矿床主要分布在胶北地块,且受北北东向—北东东向断裂控制^[9-10],包括三山岛、焦家、栖霞、郭家店、牟平等金矿床组成的北东向金矿带,以及1条东西向金富走廊^[11-14]。该区域内广泛分布着前寒武纪变质岩,包括新太古代的胶东群片麻岩、元古宙的荆山群、粉子山群和蓬莱群,以及苏鲁地体的三叠纪超高压变质岩^[15-16]。中生代侵入岩亦有显著发育,涵盖了晚侏罗世玲珑花岗岩和早白垩世郭家岭花岗岩闪长岩。玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩为胶东半岛金

收稿日期:2025-05-16; 修回日期:2025-06-26

基金项目:国家重点研发计划项目(2023YFC2906900);自然资源部深部金矿勘查开采技术创新中心开放课题(LDKF-2023BZX-04);山东黄金矿业(玲珑)有限公司与中国地质大学(北京)产学研合作项目(23B1007)

作者简介:李康(1988—),男,高级工程师,从事矿山地质工作;E-mail:likll@sd-gold.com

*通信作者:刘涛(1986—),男,高级工程师,从事矿山采矿工作;E-mail:liutaocyky@sd-gold.com

矿床的主要赋矿围岩^[17]。二者皆为中生代侵入岩,成矿年龄为150~160 Ma。胶东地区出露的脉岩以镁铁质煌斑岩类、辉长岩、辉绿岩为主,脉岩成矿年龄为115~135 Ma^[18-20]。

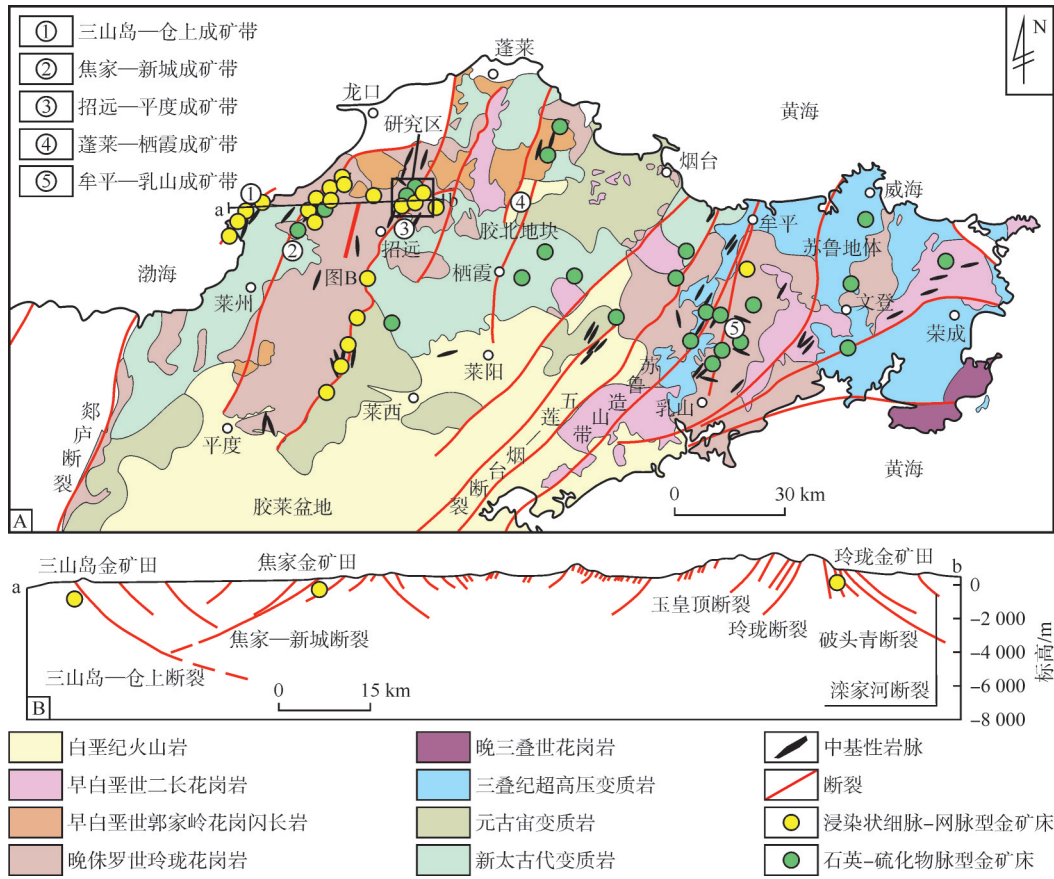


图1 胶东半岛区域地质图(A)和剖面图(B)(据文献[21]修改)

Fig. 1 Regional geological map (A) and geological section (B) of the Jiaodong Peninsula

2 “入”字型构造特征

玲珑金矿田位于胶东半岛西北部,招平断裂北段^[21],属于华北克拉通东南缘的胶北隆起西部,其金矿床类型以石英—硫化物脉型和浸染状细脉—网脉型为主^[21-22],受断裂控制,主要存在于东西向和北北东向—北东东向2组构造体系。其中,北北东向—北东东向断裂及其次级断裂构成了主要的控矿构造^[22-24]。玲珑金矿田由西山、东山、九曲、大开头、台上、罗山、阜山、东风等金矿床组成^[15],金资源总量超过1 000 t^[21,25]。出露的地层主要为新太古界胶东群变质岩和第四系。中生代岩浆岩主要为晚侏罗世玲珑花岗岩和早白垩世郭家岭花岗岩闪长岩。区域内发育破头青断裂、玲珑断裂和九曲蒋家断裂3条I级断裂,控制着矿体分布。其中,破头青断裂为成矿前或成矿期形成的主要控矿断裂^[22](见图1-B、图2)。矿体主要产于玲珑花岗岩和深家河二长花岗岩中,热液蚀变较发育,蚀变类型主要有钾化蚀变、绢云母化蚀变、硅化蚀变和黄铁矿化蚀变等^[23]。矿石矿物主要为自然金、银金矿和黄铁矿,其次是黄铜矿、方铅矿和闪

锌矿^[21,25-27]。脉石矿物主要有石英、绢云母、长石、方解石和绿泥石^[21,25,27-28]等。玲珑金矿田成矿主要分为4个阶段:黄铁矿—石英阶段、金—石英—黄铁矿阶段、金—多金属硫化物阶段和石英—碳酸盐岩阶段^[29]。

3 “入”字型矿体矿石矿物特征

玲珑金矿田内已探明矿脉超过500条,受断裂控制,分布在破头青断裂下盘^[30],矿脉走向变化较大,总体以北东向为主,次为北北东向,一般为30°~80°,倾向以北西倾为主,受破头青断裂活动影响,使得靠近其主要大型矿脉显示为南东倾(见图2)。矿脉主要岩性由石英金矿脉和矿化蚀变强烈的花岗质碎裂岩组成^[21]。其中,108矿脉和48矿脉是玲珑金矿田内的2条重要产金矿脉^[31-32],且为石英脉型矿体,矿体受构造控制^[33]。其具体特征如下:

108矿脉地表出露东起大庄子村西,西至马儿顶,长约500 m,厚1~2 m,最宽可达7 m。矿脉走向50°~65°,倾向北西,倾角56°~66°,产状较稳定。矿脉主要由含金黄铁矿—石英脉、含金黄铁矿化绢英岩和花岗质碎裂岩组成,局部夹有多金属硫化物—石英

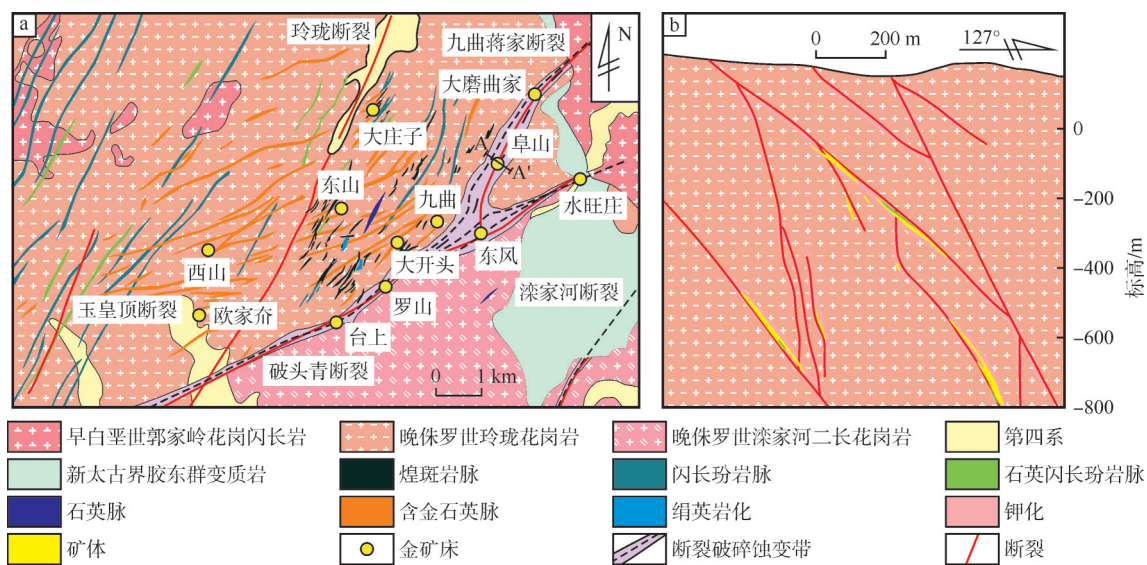


图 2 玲珑金矿田地质简图(a)及典型剖面地质图(b)(据文献[21]修改)

Fig. 2 Geological sketch map (a) and typical section (b) of the Linglong Gold Field

脉(见图3)。矿体在矿脉中连续产出,局部呈现尖灭再现的规律,走向延长531 m,倾向延伸402 m,走向、倾向均未封闭。矿体厚度0.90~1.36 m,平均厚度1.07 m,金品位1.15~10.2 g/t,平均金品位4.08 g/t。前期累计查明金矿石量383 366 t,金金属量1 533 kg。

石英脉、黄铁矿花岗质碎裂岩和黄铁矿化绢英岩组成。矿体产出走向、倾向舒缓波状处,构造转折处膨大而富矿。矿体在矿脉中不连续产出,呈现尖灭再现的规律,走向延长726 m,倾向延伸687 m,倾向未封闭。矿体厚度0.47~3.15 m,平均厚度1.51 m,金品位1.05~12.30 g/t,平均金品位3.84 g/t。前期累计查明金矿石量431 500 t,金金属量1 657 kg。

4 “入”字型构造控矿模型与区域地质背景耦合性分析

4.1 主、支矿脉低角度相交普遍性特征

“入”字型构造是由主断裂(主干断裂)与其旁侧的次级断裂或裂隙组合形成类似汉字“入”的构造形态^[34],表现为主干断裂与次级断裂呈锐角相交,形成“主-支”配套的构造体系。玲珑金矿田内主矿脉与支矿脉普遍呈低角度相交特征,交角集中在30°~60°。这一现象在平面和剖面上均具有显著一致性:平面上表现为主、支矿脉以近乎平行的小角度斜交(北东向50°~65°),剖面上则形成典型的“入”字型交会构造(倾角56°~66°)。例如:108矿脉与支矿脉的平面交角为55°~65°,而剖面交角为60°~70°,显示三维空间上的构造协调性。此类低角度相交特征与李四光提出的“入”字型构造模型高度吻合,表明主断裂(如招平断裂)与次级断裂组成的构造体系对矿体展布具有决定性控制作用。

4.2 “入”字型构造模型组成与控矿机制

“入”字型构造由主断裂(导矿通道)和次级断裂(储矿空间)组成,其形成需满足以下条件:①多期活动的区域性断裂系统,主断裂具长期活动性,如招平断裂在印支期至燕山期经历多次剪切作用,为热液

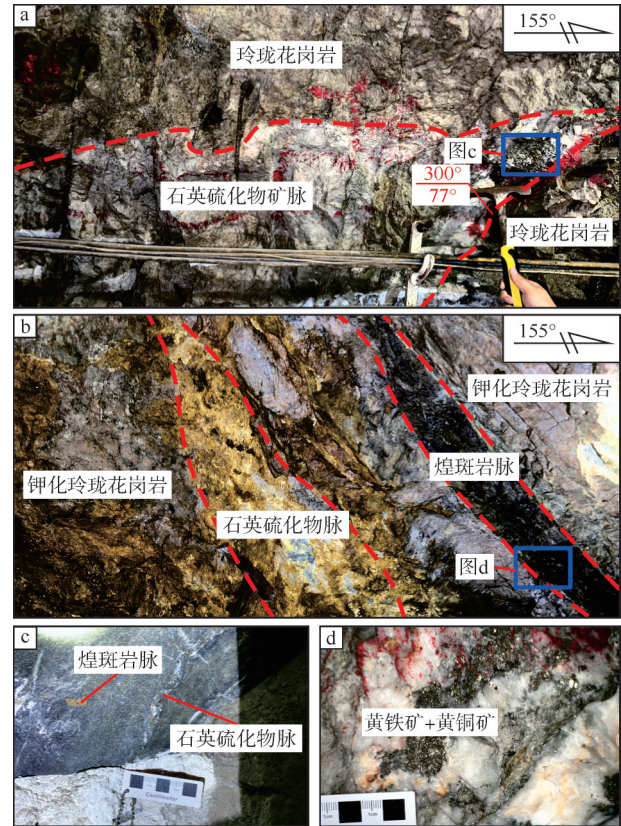


图 3 玲珑金矿田典型矿体实测剖面图

Fig. 3 Measured geological cross-section of a typical orebody in the Linglong Gold Field

48矿脉地表出露长约1 300 m,宽1~10 m,走向多为35°~55°,倾向北西,倾角67°~81°,主要由含金

运移提供通道^[16,35];②次级断裂的力学性质为次级断裂与主断裂以锐角($30^{\circ} \sim 60^{\circ}$)相交,兼具张扭性和压扭性裂隙特征,形成扩容空间^[36];③构造-流体耦合作用促使主断裂与次级断裂交会处的压力骤降,进而导致金沉淀,如西山矿段108矿脉的富矿体即赋存于此类扩容带。该模型在玲珑金矿田的有效性已被证实,主断裂(导矿通道)与次级断裂(储矿空间)的功能分异明确,且构造交会处的矿石品位显著高于单一断裂内的矿石品位^[37]。

4.3 与玲珑金矿田构造背景耦合性

玲珑金矿田独特的地质背景为“入”字型构造体系的形成创造了必要地质条件。中生代,华北克拉通破坏事件触发的区域伸展-走滑体制^[38],促使北东向基底断裂(以破头青断裂为典型)产生继承性再活化,由此衍生出多组配套断裂系统^[39-40]。该动力学机制在晚侏罗世一早白垩世表现尤为显著,古太平洋板块回撤引发的弧后扩张效应,使得断裂网络呈现分级控矿特征^[28,38]。晚侏罗世玲珑花岗岩侵位提供了成矿热液循环的热动力条件^[41-42],其冷却过程中形成的脆性破裂系统构成了重要的矿质沉淀场所。在北西向区域主压应力作用下,主断裂发生右行走滑运动,其应变调节过程中在断裂下盘形成典型压扭性羽状裂隙阵列^[43-44],该构造组合符合里德尔剪切模型中的“入”字型构造模式。

典型例证见于大开头矿段48矿脉,其呈帚状展布的支矿脉系统受控于主断裂诱导的次级张扭性裂隙,各支矿脉走向与区域构造应力场最大主应力方向以 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 相交,完整记录了北西向挤压背景下的构造变形序列。

5 应用“入”字型构造成矿规律的找矿成果

5.1 西山矿段108支矿脉

108矿脉曾经是西山矿段最主要的生产矿脉,石英脉以透镜体形式充填于黄铁绢英岩化花岗岩中。矿体走向北东东,倾向北西,倾角 60° 左右。矿体较厚。工程实践和坑道地质资料研究发现,108矿脉下盘存在一组陡倾斜构造,与108矿脉呈“入”字型组合,是含矿构造,命名为108支矿脉(见图4)。

108支矿脉受控于北东东向108矿脉的主断裂,石英-硫化物脉以透镜体形式赋存于黄铁绢英化花岗岩中,石英-硫化物脉与蚀变岩呈明显对称分布规律,属于石英脉型矿脉。其矿化较好,金品位较高,矿石矿物主要为黄铁矿、黄铜矿和石英,含少量方铅矿、闪锌矿等金属硫化物;蚀变岩矿化较弱,金品位较低。矿脉总体走向为北东东 40° ,倾向北西,倾角 85° ,厚

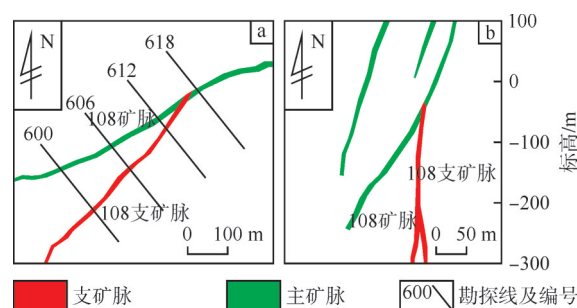


图4 108支矿脉空间分布图

Fig. 4 Spatial distribution map of Vein Branch 108

0.2 ~ 1.5 m, 金品位 1.08 ~ 87.30 g/t, 是一条罕见的石英富矿脉。该支矿脉内矿体比较连续,工程控制矿体在水平方向上延伸长达 380 m,垂向矿体延伸达 400 余 m,估算保有金资源储量达 4.2 t。矿体空间上未封闭,矿体西翼和深部仍然具有较大找矿潜力。

5.2 大开头矿段48支矿脉

大开头矿段48矿脉走向 $35^{\circ} \sim 55^{\circ}$,走向长度超过 1 000 m,宽 1 ~ 10 m,倾角 $67^{\circ} \sim 81^{\circ}$,倾向南西,矿石岩性为绢英岩化、钾化花岗质碎裂岩。矿体呈脉状产出矿脉中。48矿脉为前期生产的主要矿脉,随着开采深度增加,储量已开采完毕。通过对48矿脉下盘构造进行分析研究和工程施工验证,发现了倾角近直立的48支矿脉(见图5)。

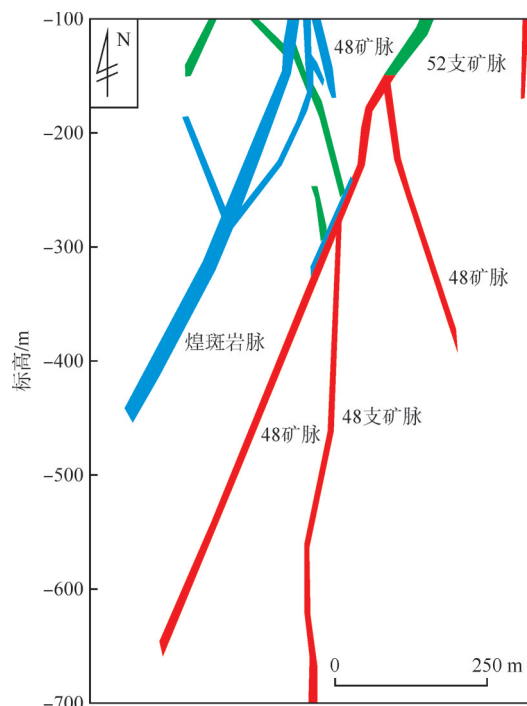


图5 48支矿脉剖面图

Fig. 5 Profile of Vein Branch 48

48支矿脉位于80勘探线—90勘探线,控制标高 300 ~ 670 m,深部未封闭。相对于48矿脉,48支矿脉倾角更陡,在剖面上呈“入”字型(300 m标高左右)与48矿脉交会。48支矿脉的矿化表现更强烈,金品位

更高。矿体空间上显示为脉状,产于走向、倾向舒缓波状处,在构造凸出处膨大而富矿。走向 65° ,倾向北西,倾角 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。矿体厚度一般为 $0.2 \sim 2.10$ m,平均厚度 1.2 m。金品位一般为 $1.2 \sim 102.5$ g/t,平均金品位 9.50 g/t,估算保有金资源储量达 2.6 t。同时,矿体空间上未封闭,矿体深部仍然具较大找矿潜力。

6 结论与展望

1)玲珑金矿田的矿脉空间分布严格受断裂控制。其中,主断裂控制矿脉展布方向,次级断裂等则主导矿体局部富集特征。值得注意的是,多级断裂系统对石英-硫化物脉型矿体的赋存具有特殊意义,其密集发育区往往对应高品位矿段。

2)研究证实“入”字型构造是玲珑金矿田的优势控矿构造,其分支断裂与主断裂的几何关系(平面上小交角近平行、剖面上呈典型“入”字型交会)直接控制盲矿脉空间定位。结合板块构造背景分析,矿田内成矿作用与中生代陆内俯冲引发的构造-岩浆活动密切相关,这种深部动力学过程通过“入”字型构造实现了矿液运移通道与赋存空间的耦合。黄铁矿标型特征显示,随着深度增加,矿物组合呈现规律性变化,可作为深部矿体预测的重要地球化学指标。这一发现突破了传统构造控矿理论的局限,为深部找矿提供了新方向。

3)研究成果不仅揭示了胶东型金矿成矿系统独特性,更通过“入”字型构造控矿模式的建立,将传统构造找矿范围从平面延伸拓展至垂向分带研究,为区域金矿资源接续勘查(包括深部第二富集带和外围潜力区)提供了理论及实践双重支撑。

【参 考 文 献】

- [1] CHEN K, WANG M, APERGIS N. Does gold act as a hedge and a safe haven for China's stock market? [J]. *International Journal of Financial Studies*, 2017, 5(3): 18.
- [2] 马标,王明明. 山东省玲珑金矿田深部成矿规律研究及其应用探究[J]. *科技风*, 2017(18): 134.
- [3] ZHU S Z, CHU Z B, LI L B, et al. Deep geological characteristics and ore prediction of vein 175 in Linglong gold field in Jiaodong Area, Shandong Province [J]. *Earth Sciences*, 2021, 10(3): 128-135.
- [4] 刘强. 中国四大黄金集团专利技术现状与布局分析[J]. *黄金*, 2022, 43(9): 1-7, 11.
- [5] 胡文萱,宋明春,李杰,等. 胶东金矿成矿物质来源:来自与金成矿有关地质单元金含量的约束[J]. *黄金科学技术*, 2024, 32(5): 781-797.
- [6] 冯岳川,邓军,于皓丞,等. 胶东玲珑金矿田金的赋存状态及其对成矿过程的指示意义[J]. *岩石学报*, 2023, 39(2): 377-392.
- [7] 陈衍景, PIRAJNO F, 赖勇,等. 胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境[J]. *岩石学报*, 2004, 20(4): 907-922.
- [8] QIU K F, DENG J, SAI S X, et al. Low-temperature thermochronology for defining the tectonic controls on heterogeneous gold endowment across the Jiaodong Peninsula, Eastern China [J]. *Tectonics*, 2023, 42(1): e2022TC007669.
- [9] 吕承训. 胶东金矿区域构造蚀变岩带地质特征与流体成矿规律研究[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2012.
- [10] 邓军,王庆飞,杨立强,等. 胶东西北部金热液成矿系统内部结构解析[J]. *地球科学*, 2005, 30(1): 102-108.
- [11] 杨立强,邓军,张良,等. 胶东型金矿[J]. *岩石学报*, 2024, 40(6): 1 691-1 711.
- [12] QIU K F, DENG J, LAFLAMME C, et al. Giant mesozoic gold ores derived from subducted oceanic slab and overlying sediments [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2023, 343: 133-141.
- [13] 李健,宋明春,王昌伟,等. 胶东三山岛断裂带金矿床蚀变矿物勘查标识[J]. *黄金科学技术*, 2024, 32(5): 749-767.
- [14] CUI T, YU H C, JOWITT S M, et al. Chlorite composition records the formation of increased oxygen fugacity-induced disseminated gold mineralization within the Guocheng gold deposit, China [J/OL]. *GSA Bulletin*, 2025. <https://doi.org/10.1130/B38151.1>.
- [15] 刘向东,丁正江,邱昆峰,等. 胶东台上一水旺庄巨型金矿床矿体空间分布规律及深部找矿预测[J/OL]. *地学前缘*, 1-19 [2025-05-10]. <https://doi.org/10.13745/j.esf.sf.2024.12.52>.
- [16] QIU K F, GOLDFARB R J, DENG J, et al. Gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern China [M] // SILLITOE R H, GOLDFARB R J, ROBERT F, et al. *Geology of the world's major gold deposits and provinces*. Littleton: Society of Economic Geologists, 2020: 35.
- [17] 田杰鹏,田京祥,郭瑞朋,等. 胶东型金矿:与壳源重熔层状花岗岩和壳幔混合花岗岩闪长岩有关的金矿[J]. *地质学报*, 2016, 90(5): 987-996.
- [18] 梁亚运,刘学飞,李龚健,等. 胶东地区脉岩成因与金成矿关系的研究:年代学及 Sr-Nd-Pb 同位素的约束[J]. *地质科技情报*, 2014, 33(3): 10-24.
- [19] 赵立翔,丁正江,张琪彬,等. 胶东地区中生代花岗岩年代学、地球化学特征及与金银多金属成矿的关系[J]. *黄金*, 2024, 45(4): 57-64.
- [20] 朱兴明,周鑫,杨斌,等. 胶东金矿床蚀变岩石地球化学特征与水岩反应机理分析[J]. *黄金*, 2021, 42(9): 12-17.
- [21] 冯岳川,邓军,于皓丞,等. 胶东玲珑金矿田金的赋存状态及其对成矿过程的指示意义[J]. *岩石学报*, 2023, 39(2): 377-392.
- [22] 马遥. 胶东玲珑金矿田成矿物质来源及其迁移过程[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2023.
- [23] 李世勇,李杰,宋明春,等. 胶东玲珑金矿田成矿特征和成矿作用[J]. *地质学报*, 2022, 96(9): 3 234-3 260.
- [24] 孔令芝,朱随洲,韩云松,等. 山东玲珑断裂带地球物理特征综合分析及找矿预测[J]. *黄金科学技术*, 2012, 20(4): 117-122.
- [25] 冯岳川,邱昆峰,王大钊,等. 胶东玲珑金矿区碲化物形成条件及其对金富集过程的约束[J]. *岩石学报*, 2022, 38(1): 63-77.
- [26] 杨立强,李瑞红,高雪,等. 胶东金矿床中关键金属超常富集特征与机理初探[J]. *岩石学报*, 2020, 36(5): 1 285-1 314.
- [27] 李瑞红,杨立强,恽孟河,等. 胶东黄铁矿显微构造变形与金富集关系:黄铁矿 EBSD 组构和地球化学约束[J]. *矿床地质*, 2019, 38(2): 303-318.
- [28] 邓军,王庆飞,张良,等. 胶东型金矿成因模型[J]. *中国科学(地球科学)*, 2023, 53(10): 2 323-2 347.
- [29] 申俊峰,李胜荣,马广钢,等. 玲珑金矿黄铁矿标型特征及其大

- 纵深变化规律与找矿意义[J].地学前缘,2013,20(3):55-75.
- [30] 姜维明,杜中柱,张光安,等.破头青断裂对玲珑金矿田矿体的控制作用浅析[J].黄金科学技术,2011,19(6):31-35.
- [31] 张顺,生显军,赵红浩.玲珑金矿田108#脉支脉控矿模式研究及探矿成果[J].黄金科学技术,2023,31(3):453-463.
- [32] 张腾飞,王翠芝,吕古贤,等.玲珑金矿田48号矿脉蚀变钾长石稳定结构态温度估算及其找矿意义[J].地质找矿论丛,2021,36(1):29-38.
- [33] 张振,于超,吴志栋,等.胶东玲珑金矿床成矿地质特征及矿床成因[J].黄金,2024,45(7):74-79.
- [34] 段永民,杨礼敬,王强国.西和县兴隆金矿的控矿构造分析——一个入字型构造控矿的实例[J].甘肃地质学报,2004,13(2):67-72.
- [35] QIU K F, ROMER R L, LONG Z Y, et al. Potassium isotopes as a tracer of hydrothermal alteration in ore systems [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2024, 368: 185-196.
- [36] DENG J, WANG Q F, SANTOSH M, et al. Remobilization of metasomatized mantle lithosphere: A new model for the Jiaodong gold province, eastern China [J]. *Mineralium Deposita*, 2020, 55: 257-274.
- [37] 胡宝群,高海东,王运,等.玲珑金矿田含矿断裂的基岩地球化学特征及找矿潜力评价[J].黄金科学技术,2022,30(4):518-531.
- [38] DENG J, YANG L Q, GROVES D I, et al. An integrated mineral system model for the gold deposits of the giant Jiaodong province, eastern China [J]. *Earth-Science Reviews*, 2020, 208: 103274.
- [39] 朱光,王薇,顾承串,等.郯庐断裂带晚中生代演化历史及其对华北克拉通破坏过程的指示[J].岩石学报,2016,32(4):935-949.
- [40] KÖHLER S, DUSCHL F, FAZLIKHANI H, et al. Reconstruction of cyclic Mesozoic-Cenozoic stress development in SE Germany using fault-slip and stylolite inversion [J]. *Geological Magazine*, 2022, 159(11/12): 2 323-2 345.
- [41] 杨伟,张良,张炳林,等.胶东夏甸金矿床构造-热历史:成岩-成矿年代学与磷灰石裂变径迹热年代学综合约束[J].岩石学报,2023,39(2):357-376.
- [42] 张良.胶西北金成矿系统热年代学[D].北京:中国地质大学(北京),2016.
- [43] CHEN S P. On the orientation of fractures with transpressional and transtensional wrenches in pre-existing faults [J]. *World Journal of Mechanics*, 2020, 10(11): 199-209.
- [44] 吕古贤,郭涛,刘杜鹃.玲珑-焦家式金矿构造地质特征及成矿构造物理化学参量因子分析——以阜山金矿区为例[J].地球学报,2002,23(5):409-416.

Structural control of orebodies by the “入”-shaped fault pattern in the Linglong Gold Field and its implications for prospecting

Li Kang^{1,2}, Liu Tao², Hou Zhaoliang^{1,3}, Wu Shuai², Tang Yanchun², Li Yapeng¹

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing;

2. Shandong Gold Mining (Linglong) Co., Ltd.;

3. No. 6 Geological Team of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract: The Linglong Gold Field is a globally representative quartz vein-type gold mineralization zone, with orebody distribution strictly controlled by regional fault structures. Quartz veins generally occur in groups, with numerous vein branches distributed on both flanks of the main vein. Investigating the spatial relationship between main vein and vein branches is of great significance for regional geological exploration. Based on long-term structural mapping and geological research, a “入”-shaped structural ore-controlling pattern is proposed for the Linglong Gold Field. The study reveals that the main vein and vein branches typically exhibit low-angle oblique intersections, forming a geometry resembling the Chinese character “入”. The main fault is usually characterized by multi-stage activity and serves as the ore-guiding channel, while the secondary faults intersect it at acute angles, forming transtensional or transpressional fractures that provide favorable ore-hosting space. Applying this structural model, several high-grade vein branches have been discovered in the hanging wall of Vein Branch 108 in the Xishan ore section and Vein Branch 48 in the Dakaitou ore section, marking significant breakthroughs in prospecting. These findings not only enrich the structural metallogenic theory of the Linglong Gold Field but also provide a scientific basis for deep and peripheral exploration. The study offers valuable reference for the exploration of similar gold deposits under complex geological conditions.

Keywords: Linglong Gold Field; structural ore control; “入”-shaped structure; prospecting breakthrough; main vein; vein branch; gold deposit