

地质·矿床

冀北围场地区构造控矿规律与找矿方向分析

周圣华¹, 吴珍汉², 叶培盛³, 胡道功³

(1. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012; 2. 中国地质科学院, 北京 100037;
3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

[摘 要] 围场矿化集中区位于燕山陆内造山带北部, 处于北东向和纬向成矿带的交叉复合部位; 太古宙 - 古元古代形成了矿源层, 中生代发育多期岩浆侵入和火山喷发事件, 形成了大量火山机构和热液蚀变, 具有非常有利的金、银、多金属成矿地质条件。虽然围场矿化集中区目前仅发现朝阳湾小型金矿和数量不多的金多金属矿点, 但存在很多金、锰、铜、铅、锌、砷地球化学异常, 发育对金、银、多金属矿化分布具有显著控制作用的环状构造、韧性剪切带、断裂构造和火山机构, 中生代形成大中型金多金属矿床的概率很大。围场矿化集中区金、银、多金属矿床的找矿潜力巨大, 区域找矿重点为韧性剪切型金矿、火山岩型金银矿、硫化物石英脉型金矿和脉型银多金属矿。

[关键词] 成矿地质条件 金银多金属矿 控矿构造 找矿方向 围场矿化集中区

[中图分类号] P618 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495 - 5331(2008)02 - 0045 - 06

冀北围场地区位于华北地台北缘的内蒙地轴, 太古宙 - 古元古代发生了角闪岩相和麻粒岩相区域变质作用, 形成了良好金多金属矿源层^[1, 2]; 中生代处于燕山陆内造山带北部, 经历了印支运动、燕山运动和后期强烈的构造岩浆活动^[3], 具有非常有利的金、银、多金属成矿地质条件^[4]。但迄今为止, 围场地区尚未取得找矿勘探的重大突破, 没有发现具有重要意义的大中型金、银、多金属矿床, 区域找矿方向不够明确。文章根据区域地质资料和矿化信息, 分析冀北围场地区的构造控矿规律和金、银、多金属找矿方向, 希望能够为找矿勘探部署提供有价值的参考资料。

1 区域金多金属矿化时空分布特征

燕山地区是我国著名的金银多金属矿产基地, 也是国际地球科学领域公认的典型陆内造山带, 中生代陆内造山作用和构造岩浆活动对金、银、铜、铅、锌、钼成矿作用具有显著控制作用^[5, 6]。燕山地区由于中生代陆内造山作用和后期构造变形, 形成北东向和东西向火山 - 沉积盆地和隆起剥蚀区相间分布的古构造地貌格局, 中生代古构造地貌的等距性控制金多金属矿床空间分布的等距性^[7]。燕山造

山带中生代沿近东西向隆起区发育 3 条近东西向(纬向)成矿带, 沿北东向隆起区发育 5 条北东向成矿带(图 1); 在北东向成矿带与近东西向成矿带的交汇复合部位, 形成等距性分布的中生代矿化集中区, 包括阜新金铜矿化集中区、义县红石金铜矿化集中区、绥中铜铅锌钼矿化集中区、金厂沟梁金矿集中区、凌源金铜矿化集中区、青龙金矿集中区、撰山子金矿集中区、承德金银铜矿化集中区、兴隆金铜矿化集中区、隆化金银矿化集中区、张家口金银铅锌矿化集中区^[4]。围场金银多金属矿化集中区位于近东西向康保 - 围场 - 阜新金银铜成矿带与北东向围场 - 丰宁 - 滦源金银铅锌钼成矿带的交叉复合部位(图 1)。

燕山陆内造山带(包括围场矿化集中区)发育多期金、银、多金属矿化, 区域成矿作用发生于太古宙、古元古代、华力西晚期、印支期、燕山期不同时期。太古宙 - 古元古代主要形成矿源层, 燕山期是区域金、银、铜、铅、锌、钼成矿的主要时期(图 2), 燕山地区绝大多数大中型金、银、多金属矿床形成于燕山期。根据成矿年龄统计资料, 燕山陆内造山带燕山期金、银矿化存在两个高峰期, 形成时代分别为 160~170Ma 与 100~110Ma^[7]。

[收稿日期] 2007 - 09 - 25; **[修订日期]** 2007 - 10 - 29。

[第一作者简介] 周圣华(1963 年 -), 男, 1988 年毕业于中国地质大学(武汉), 获硕士学位, 现主要从事矿产勘查、储量管理和成矿规律研究工作。

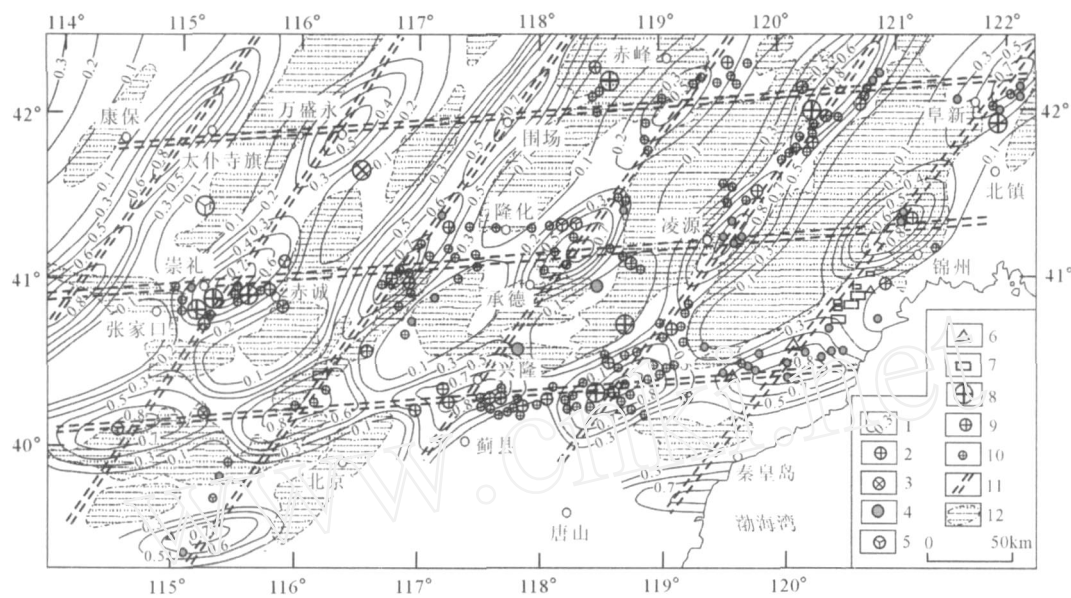


图 1 燕山陆内造山带古构造地貌与矿床分布概率等值线图
(据吴珍汉等, 1998^[4]改编)

1—矿床空间分布概率等值线; 2—金矿; 3—银多金属矿; 4—铜矿; 5—铅锌多金属矿; 6—铅锌矿; 7—钼矿; 8—大型矿床; 9—中型矿床; 10—小型矿床; 11—隆起带轴; 12—燕山期火山 - 沉积盆地

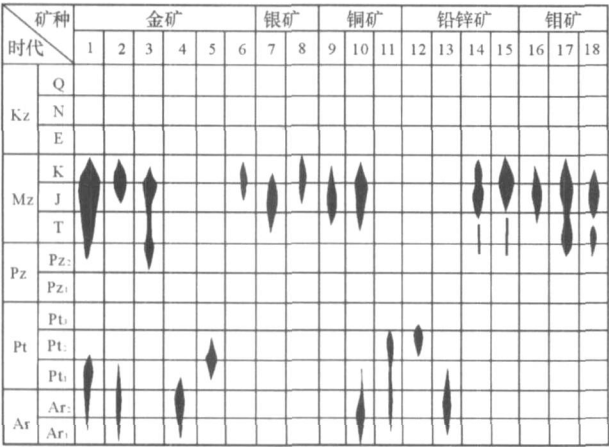


图 2 燕山陆内造山带金多金属成矿时代分布图
(据吴珍汉, 1991^[8])

1—岩浆热液石英脉型金矿化; 2—火山—次火山热液型金矿化; 3—蚀变岩型金矿化; 4—变质热液型金矿化; 5—古砾岩型金矿化; 6—斑岩型金矿化; 7—岩浆热液脉型银矿化; 8—火山—次火山热液型银矿化; 9—矽卡岩型铜矿化; 10—硫化物石英脉型铜矿化; 11—火山热液型铜矿化; 12—沉积层状铅锌矿化; 13—变质热液型铅锌矿化; 14—夕卡岩型铅锌矿化; 15—岩浆热液石英脉型铅锌矿化; 16—夕卡岩型钼矿化; 17—斑岩型钼矿化; 18—石英大脉型钼矿化

2 围场矿化集中区构造控矿分析

1) 区域构造演化

围场矿化集中区太古宙 - 古元古代发生了强烈

的构造运动、不同类型的中酸性岩浆侵入体和角闪岩相区域变质作用,形成了良好的金、银、多金属矿源层,局部形成矿点或矿化点^[8]。晚古生代处于古亚洲洋南侧,受到古亚洲洋板块南向俯冲的影响,发育华力西期韧性剪切变形和中酸性岩浆侵入,形成近东西向韧性剪切带和断裂破碎带^[1]。中生代发生了强烈的陆内造山作用,发育印支期、燕山早期和燕山晚期强烈构造变形和多期岩浆活动(图 3);印支期构造活动具有比较明显的继承性,挤压构造以近东西向为主;燕山期发育大量新生的断层和褶皱构造,燕山早期挤压构造以北东向为主,燕山晚期挤压构造以北北东向为主^[4]。新生代燕山地区地壳伸展居主导地位,北东 - 北北东向伸展断层和北西向张扭性断层的活动比较强烈,形成山西地堑和下辽河—渤海湾裂谷,在坝上高原和围场地区发生了大面积的汉诺坝期碱性玄武岩喷发(N₁h)(图 3)。

2) 围场环状构造及控矿作用

燕山陆内造山带中生代发育不同规模的环状构造,成为金多金属矿化的重要控矿构造型式^[1, 5, 9]。在美国内华达金矿集中区,环状构造也是重要的控矿构造型式^[10]。围场矿化集中区中生代不同时期、不同方向、不同性质的断层复合在一起,形成放射状和似环状的断裂构造体系(图 3),称为围场环状构造,在 ETM 遥感影像图上显示出清晰的放射状和环状影像特征。围场环状构造对中生代岩浆活动具有

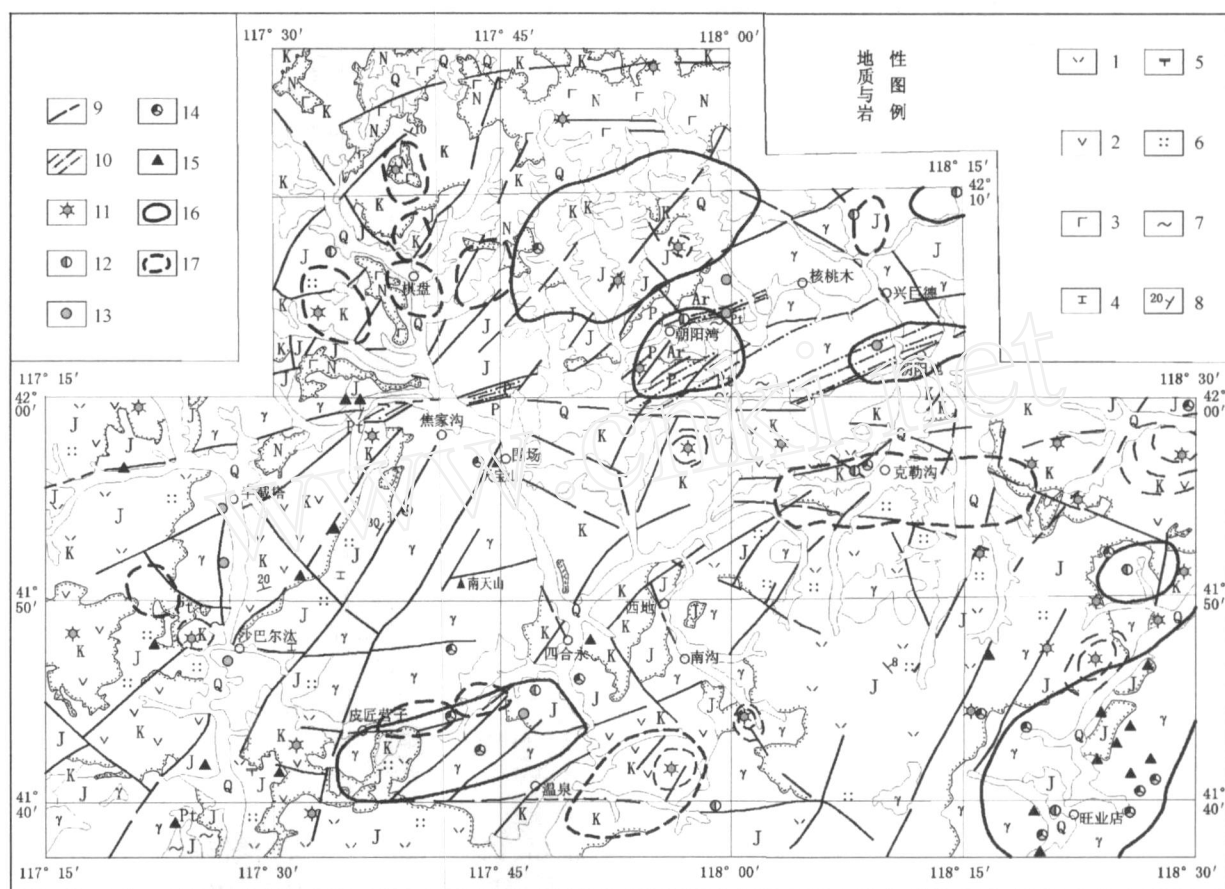


图 3 围场矿化集中区地质构造与矿产分布图

(编图依据资料包括隆化幅 1:25 万地质图及围场地区 1:20 万地质图、1:5 万地质图)

Qh^{al-p1} —全新统冲洪积砂砾石; Qp^{al-p1} —更新统冲洪积砂砾石; Qp^{so1} —更新统黄土; N_1h —中新世早期汉诺坝组玄武岩; K_1j —下白垩统九佛堂组页岩、砂岩和砾岩; K_1y —下白垩统县组中酸性火山 - 沉积岩系; $K_1\lambda$ —早白垩世潜流纹岩和流纹斑岩; $K_1\alpha$ —早白垩世潜安山岩及安山玢岩; J_3z —上侏罗统张家口组中酸性火山 - 沉积岩系; J_3d —上侏罗统大北沟组砂岩、砾岩、页岩; $J_3\lambda$ —晚侏罗世潜流纹岩和流纹斑岩; $J_3\lambda\tau$ —晚侏罗世潜粗面岩; $J_1\lambda\alpha$ —早侏罗世潜粗安岩; J_1x —下侏罗统下花园组砂砾岩夹煤线; P_1s —下二叠统三面井组砂岩、砾岩和灰岩; P_2 —中元古界碎屑岩 - 碳酸盐岩; P_4 —古元古代变质岩; A_3 —晚太古代变质岩; Y_5^s —燕山晚期中酸性侵入岩; Y_5^e —燕山早期中酸性侵入岩; Y_5^i —印支期中酸性侵入岩; Y_4^s —华力西晚期中酸性侵入岩; Y_4^e —华力西中期中酸性侵入岩; Y_2 —古元古代中酸性侵入岩; Q —第四系; N —第三系; K —白垩系; J —侏罗系; P —二迭系; Pt —元古界; A_r —太古界; γ —花岗岩; 1—流纹岩; 2—安山岩; 3玄武岩; 4—粗面岩; 5—粗安岩; 6—火山碎屑; 7—中深程度变质岩系; 8—岩层产状; 9—断层与隐伏断层; 10—韧性剪切带; 11—火山口与火山机构; 12—金银矿床与矿点; 13—银金矿床与矿点; 14—多金属矿床与矿点; 15—萤石矿; 16—铜多金属化探异常; 17—金化探异常

显著的控制作用,部分中酸性侵入体和火山口沿放射状和环状断裂分布,很多火山机构发育于放射状断裂和环状断裂的交叉复合部位(图 3)。中生代断裂构造与岩浆岩有序的空间配置关系,指示区域环状构造与深部大规模岩浆侵入可能存在动力学成因联系^[10]。

围场环状构造对围场矿化集中区中生代金、银、多金属成矿作用具有重要的控制作用,大部分金、银、多金属矿床与矿点都分布于放射状断裂与环状断裂的蚀变破碎带(图3)。部分矿床与矿点分布于

放射状断裂与环状断裂的交叉复合部位,如三道河锰银多金属矿化与棒槌砬子银金矿发育于近南北向、北东向和北西向断裂复合部位,克勒沟金矿分布于北西向和北东向断裂复合部位,天宝山多金属矿点发育于北西西向和北北东向两组放射状断裂的交叉复合部位(图 3)。

围场环状构造对围场矿化集中区的金、银、多金属化探异常也具有显著的控制作用。如朝阳湾金化探异常区与棋盘铜化探异常区发育于北东向构造与北西向断裂的复合部位,朝阳地金化探异常区发育

于兴巨德—朝阳地—克勒沟环状断裂与北东东向韧性剪切带的复合部位,菊花沟—皮匠营子金化探异常区、皮匠营子铜锰化探异常区、黄土坎铜化探异常区分布于近东西向弧形(环状)断裂破碎带及不同方向断裂的交叉复合部位(图3)。

3) 燕山期火山机构及控矿作用

围场地区中生代陆内造山期间,发生了多期强烈的火山喷发,形成遍及全区的中酸性火山岩和潜火山岩(图3)。燕山早期火山喷发以晚侏罗世中酸性火山喷发为主,形成广泛分布的张家口组流纹岩、粗面岩、粗安岩、火山碎屑岩;燕山晚期火山喷发以早白垩世中酸性火山喷发为主,形成了广泛分布的义县组安山岩、流纹岩及火山碎屑岩。燕山早期和燕山晚期还形成了大量潜火山岩、斑岩、玢岩。由于晚侏罗世和早白垩世中酸性火山喷发,形成了大量火山机构,包括火山口、破火山口、火山颈、岩脉及环状、放射状火山构造,如大黑山火山机构、红石砬火山口、菊花沟破火山口(图4)、三道河破火山口、胡家营子复合火山机构、大窝铺环状火山机构(图3)。

火山机构是浅成低温热液活动和金银矿化的有利部位^[10, 11]。在围场矿化集中区,晚侏罗世和早白垩世火山喷发形成的部分火山机构具有良好的矿化显示。菊花沟破火山口位于四合永南侧,是晚侏罗世张家口组酸性火山喷发的产物;外围发育粗面岩和流纹岩,内部发育英云岩、火山角砾岩及环状断层、放射状断层(图4);火山机构对热液蚀变和矿化具有显著控制作用,热液蚀变包括云英岩化、硅化、黄铁矿化和碳酸盐化;硅化和碳酸盐化主要沿环状断层发育,黄铁矿化发育于破火山口不同部位;在环状断层和放射状断层的强烈蚀变部位,发育硫化物石英脉和银锰矿体,部分矿体长度达1200m,含矿断层破碎带宽度达150~200m(图4)。根据菊花沟和三道河破火山口的样品分析资料,弱蚀变流纹岩金、银元素丰度普遍高于未蚀变流纹岩,硅化导致金元素初步富集,锰矿化与金矿化呈正相关关系,黄铁矿化导致金、银元素的显著富集(表1)。

4) 朝阳湾金矿构造叠加及控矿作用

朝阳湾金矿属于比较典型的石英脉型金矿,矿区发育多期构造变形,不同时期的构造叠加和不同方向的构造复合对金银成矿作用具有重要的控制作用。矿区出露晚太古代—古元古代片麻岩和斜长角闪片岩,斜长角闪片岩的金、银丰度分别达 6×10^{-9} 和 1.1×10^{-6} ,比围场地区其它类型未蚀变围岩的金、银丰度高数倍至十多倍(表1),指示晚太古代—

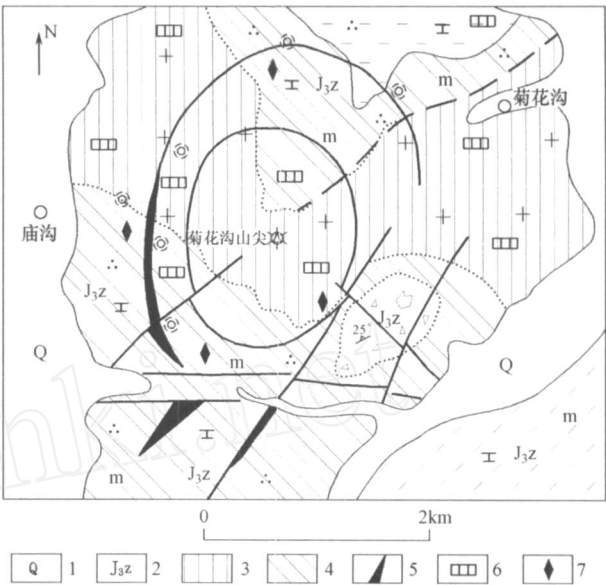


图4 菊花沟火山机构与矿化分布图

(据河北省区域地质矿产调查研究所,2002,隆化幅1:25万片区修测报告)

1—第四系;2—侏罗系张家口组;3—云英岩;4—云英岩化;5—锰银矿体;6—黄铁矿化;7—碳酸盐化

古元古代构造变形和区域变质作用对金、银元素富集和矿源层形成具有显著意义。内蒙地轴华力西晚期—

表1 冀北围场地区部分样品金和银含量一览表

样品编号	岩性	Au/10 ⁻⁹	Ag/10 ⁻⁶	取样位置和地质背景
10-2-1	石英脉	0.9	0.104	菊花沟破火山口不同类型围岩与热液蚀变带
10-2-2	硅化流纹岩	12.0	0.177	
10-2-3	流纹岩	0.4	0.144	
10-2-4	含硫化物石英脉	35.0	1.007	
10-2-5	流纹斑岩	2.5	0.228	
10-2-6	弱蚀变流纹岩	1.6	0.252	
10-2-7	黄铁矿化正长斑岩	4.5	157.2	
10-2-8	硅化正长斑岩	9.0	0.394	
10-3-1	硫化物石英脉	2420.2	170.0	朝阳湾金矿北东东向断层破碎带及硫化物石英脉
10-3-2	硫化物石英脉	3540.0	155.0	
10-3-3	斜长角闪片岩	6.0	1.076	
10-3-4	黄铁绢英岩	1290.0	1.725	
10-3-5	含锰流纹岩	70.0	2.154	
10-3-6	流纹岩	2.5	15.00	
10-3-7	黄铁矿化流纹岩	150.0	5.2	
10-3-8	流纹岩	7.0	0.424	

印支期普遍发育韧性剪切变形,形成近东西向—北东东向韧性剪切带^[5]。沿朝阳湾—核桃木韧性剪切带,发育长英质糜棱岩、绿泥石片岩和黄铁矿化,导致金元素高度富集,部分糜棱岩的金含量超过 1.0×10^{-6} 。燕山期形成北东向断层和北西向断层,

切割早期糜棱岩(图 3);沿主要断层破碎带,晚太古代 - 古元古代变质岩和华力西晚期 - 印支期糜棱岩普遍发生硅化、绿泥石化、黄铁绢英岩化和碳酸盐化,形成含金硫化物石英脉。根据朝阳湾金矿区北东向断层破碎带的样品测试资料,黄铁绢英岩金含量达 1.3×10^{-6} ;硫化物石英脉金含量达 $2.4 \times 10^{-6} \sim 3.5 \times 10^{-6}$,银含量达 $155 \times 10^{-6} \sim 170 \times 10^{-6}$ (表 1)。在北东向断层和北西向断层交叉复合部位,金矿体显著增厚,品位增高,形成具有工业开采价值的富矿体。部分控矿断层延入燕山期火山 - 沉积盆地,穿切晚侏罗世张家口组火山岩和早白垩世九佛堂组沉积地层,控制潜流纹岩和流纹斑岩的空间分布(图 3),说明朝阳湾金矿成矿作用与晚侏罗世岩浆热液活动可能存在成因联系。

3 围场矿化集中区金、银、多金属找矿方向

围场矿化集中区经历了太古宙 - 古元古代、华力西期、印支期、燕山早期和燕山晚期、喜马拉雅期构造运动,发生了多期的岩浆侵位、火山喷发(图 3)及热液蚀变,形成了非常有利的金、银、多金属成矿地质条件,具有很好的找矿前景和巨大的找矿潜力。燕山陆内造山带中生代矿床统计资料显示,围场矿化集中区发现大中型金、银、多金属矿床的概率超过 70%(图 1)。兹根据区域地质构造资料,结合已有矿化信息和构造控矿规律,分析围场矿化集中区金、银、多金属找矿方向。

1) 韧性剪切型金矿:围场矿化集中区发育多条韧性剪切带,包括朝阳湾 - 核桃木韧性剪切带、兴巨德韧性剪切带、朝阳地 - 王家营子韧性剪切带,穿切早前寒武纪变质岩、二叠纪浅变质岩和华力西期中酸性侵入岩(图 3),局部穿切印支期花岗岩,形成时代为华力西期晚期 - 印支期,属康保 - 围场断裂的重要组成部分。沿韧性剪切带热液蚀变强烈,发育绿泥石化和黄铁矿化,在朝阳湾、王家营子形成较大规模的金化探异常,在朝阳湾东侧形成铜化探异常和铜多金属矿点,在燕山期断层叠加部位形成朝阳湾金矿。沿康保 - 围场断裂东段发育的朝阳湾 - 核桃木、兴巨德、朝阳地 - 王家营子韧性剪切带具有良好的成矿地质构造条件,韧性剪切变形与岩浆侵位、热液蚀变紧密伴生,金化探异常明显,是寻找韧性剪切型金矿的有利部位。

2) 火山岩型金银矿:围场矿化集中区晚侏罗世和早白垩世均发生过强烈的火山喷发,形成数十个火山机构(图 1),具有火山岩型金银矿的找矿潜力。

部分火山机构内部广泛发育热液蚀变,包括硅化、钾化、黄铁矿化和碳酸盐化,形成金、银矿点或矿化点;如菊花沟破火山口发育银金矿化,三道河破火山口发育锰矿化和金矿化。大黑山火山机构发育环状和放射状裂隙系统及安山玢岩火山颈,热液蚀变如硅化、钾化、黄铁矿化比较强烈,东侧具有铜金铅化探异常,具有火山岩型金矿找矿潜力。棋盘铜化探异常区发育多个早白垩世火山机构,具有形成火山岩型银金矿的地质条件。在很多火山机构的中心部位,发育中酸性斑岩和玢岩,局部可能形成斑岩型铜金矿。

3) 硫化物石英脉型金矿和脉型银多金属矿:围场矿化集中区早前寒武纪结晶基底普遍发育矿源层,印支期、燕山早期和燕山晚期分别发生强烈的构造变形、中酸性岩浆侵位和多期火山喷发;在环状构造与放射状断裂的复合部位,发育热液蚀变及金、银、多金属化探异常,具有形成石英脉型金矿和脉型银多金属矿的良好成矿地质条件。如半截塔近南北向断裂破碎带发育银多金属矿化,沿皮匠营子 - 菊花沟弧型(环状)断裂发育金化探异常与银多金属矿化,在朝阳湾北侧和棋盘周围北东向和北西向断裂复合部位发育晚侏罗世火山机构和金、铜化探异常。围场矿化集中区发育断裂复合、热液蚀变、脉型硫化物矿化、化探异常“四位一体”的地区,是寻找硫化物石英脉金矿和脉型银多金属矿的有利找矿部位。

[参考文献]

[1] 崔盛芹,李锦蓉,孙家,等.华北陆块北缘构造运动序列及区域构造格局[M].北京:地质出版社,2000.

[2] 杨凯.冀东青龙地区角闪质变质岩金的溶滤实验[J].黄金,1988,9(6):27-31.

[3] Cui Shengqin and Wu Zhenhan. On the Mesozoic and Cenozoic intracontinental orogenesis of Yanshan area, China. Proceeding of the 30th International Geological Congress[A]. VSP, the Netherlands, 1997, 14: 277-292.

[4] 吴珍汉,孟宪刚.燕山陆内造山带金多金属成矿作用[M].北京:地质出版社,1998.

[5] 崔盛芹,李锦蓉,吴珍汉,等.燕山地区中生代陆内造山作用[M].北京:地质出版社,2002.

[6] 宋友贵,周显强,张国铎,等.燕山西段金矿控矿构造模式与找矿方向[M].北京:地质出版社,1992.

[7] 吴珍汉.燕山地区中生代多金属矿床空间分布的概率模型[J].地质与勘探,1991a,27(12):20-27.

[8] 吴珍汉.燕山地区金、银成矿期与成矿演化[J].地质科技情报,1991b,10(3):49-55.

[9] 吴珍汉.燕山地区中生代构造控矿型式[J].地质与勘探,1993,29(11):10-15.

- [10] Donald C. Noble, Steven I. Weiss and Edwin H. McKee. Magmatic and hydrothermal activity, caldera geology and regional extension in the western part of southwestern Nevada volcanic field. In: Gary L. Raines, Richard E. Lisle, Robert W. Schafer and William H. Wilkinson eds. [M.]. *Geology and Ore Deposits of the Great Basin*. Published by Geological Society of Nevada, Reno, 1991: 913 - 934.
- [11] Seward T.M. The hydrothermal chemistry of gold in hydrothermal system. In: A. A. Balkman ed., *Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits* [M.]. Published in Rotterdam, 1988, 165 - 181.

ORE - CONTROLLING TECTONIC REGULARITY AND PROSPECTING ORIENTATION IN THE WEICHANG AREA, NORTHERN HEBEI PROVINCE

ZHOU Sheng-hua¹, WU Zhen-han², YE Pei-sheng³, HU Dao-gong⁴

(1. *China Survey of Nonferrous Metals Resource Geology, Beijing 100012;*

2. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Weichang mineralizing concentration region is located in compounding area of northeast-trending and latitudinal metallogenic zones in the northern part of Yanshan intracontinental orogenic belt. Archean and early Proterozoic metamorphic rocks are ore source bed with higher gold and silver content. Difference stage Mesozoic magmatic emplacements and late Jurassic - early Cretaceous volcanic eruptions caused many volcanic mechanism and hydrothermal alteration, and formed favorable ore-forming conditions for Au, Ag and polymetallic metals. A regional ring structural system consisted of radial and circular faults formed in Mesozoic in the Weichang area, controlling metallogenesis and geochemical anomalies of gold, silver and polymetallic metals in the region. Other tectonics controlling epithermal ore deposits in the region include volcanic calderas, ductile shear zones and compounding of faults. Probability to discover Au, Ag and polymetallic deposits of middle - large scale is estimated be more than 70% in the region. However, only several small scale deposits like Chaoyangwan gold deposit have been discovered in the region until now. Key type ores for further exploration in the region are ductile shearing gold deposits, volcanic type gold - silver deposits, sulfide - quartz vein type gold deposits, and vein type silver polymetallic deposits.

Key words: ore-forming condition, Au - Ag polymetallic deposit, ore-controlling tectonic, exploration direction, Weichang mineralizing concentration region