

文章编号: 1006-6616(2000)03-0217-07

北山地区金矿类型、成矿规律和找矿方向

陈柏林¹, 吴淦国², 叶德金³, 刘晓春¹, 舒斌¹, 杨农¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 3. 甘肃酒泉地调队, 甘肃 酒泉 735009.)

摘要: 北山地区金矿床分布广, 主要类型有韧性剪切带型、岩浆热液型和海相火山岩型。成矿物质主要来源于基底变质岩、华力西期中酸性侵入岩和石炭系海相火山岩和次火山岩。除基底变质岩和石炭系火山岩外, 其他层位赋矿选择性不明显。成矿流体以岩浆来源为主, 但韧性剪切带型金矿床成矿流体来源于岩浆热液和动力变质热液。构造控矿作用研究表明, 区域大地构造控制成矿岩系分区, 二级构造控制成矿带和成矿岩体的分布, 主要赋矿构造形式有韧性剪切带、低角度推覆构造和岩体构造裂隙。金矿床的成矿时代以晚古生代为主。金矿有利找矿远景区是小西弓外围地区、白墩子-石板墩地区、金窝子-照壁山地区, 拾金坡-南金滩地区、马庄山-南金山外围地区和古堡泉-老金厂地区。

关键词: 金矿床类型; 成矿规律; 找矿方向; 甘肃北山

中图分类号: 618.51

文献标识码: A

0 引言

北山地区位于甘肃省西北, 西邻新疆、北接蒙古, 处于天山—阴山纬向构造带西段。按照板块构造学说, 北山地区位于塔里木板块与哈萨克斯坦板块的聚合部位。地层及岩石由3个构造层组成: (1) 长城系和前长城系中-深变质岩系。包括敦煌群、白湖群、原勒巴泉群部分和太古宙及早元古代侵入岩类等。主要为片麻岩、片岩类为主; (2) 青白口系—下古生界中-浅变质岩系。岩性主要有浅变质杂砂岩、浅变质粉砂岩、粉砂质板岩、千枚岩、大理岩以及浅变质火山岩等; (3) 上古生界—中生界构造层。主要为砾岩、砂岩、泥质粉砂岩、泥岩、生物碎屑灰岩、炭质页岩及石英角斑岩、流纹岩、凝灰岩、安山玢岩等^[1,2]。

区域构造以近EW向展布为特色, 主要构造有3类: (1) 韧性-超韧性变形构造层。发育于长城系和前长城系中-深变质岩系中, 糜棱岩面理和 α 线理发育; (2) 中浅层韧性-韧脆性变形构造层。发育于青白口系—下古生界中-浅变质岩系中, 紧密褶皱、片理置换和劈理

收稿日期: 2001-05-25

基金项目: 原地质矿产部定向研究基金(地科定96-21)

作者简介: 陈柏林(1962—), 男, 研究员, 从事区域构造、矿田构造和成矿预测研究。

构造发育,片(劈)理走向近 EW 向,倾角较陡,a 线理发育较差;(3)浅层次逆冲推覆构造。表现为蓟县系白云岩逆冲推覆到青白口系一下古生界中-浅变质岩系之上,部分前中生界逆冲推覆到中生界之上^{①[34]}。

北山地区属于东天山-北山成矿带,具有良好的成矿条件,近 10 年来,金矿找矿工作取得重大突破,已经成为我国西部地区最重要的矿产资源基地和黄金矿产地之一。

1 金矿床类型

北山地区金矿床、金矿点分布比较广泛。据现有资料统计,区内中型金矿床 4 个,小型金矿床 5 个,金矿点和金矿化点共 66 处。金矿床成因类型比较多样,但最主要的为韧性剪切带型、岩浆热液型和海相火山岩型(图 1)。

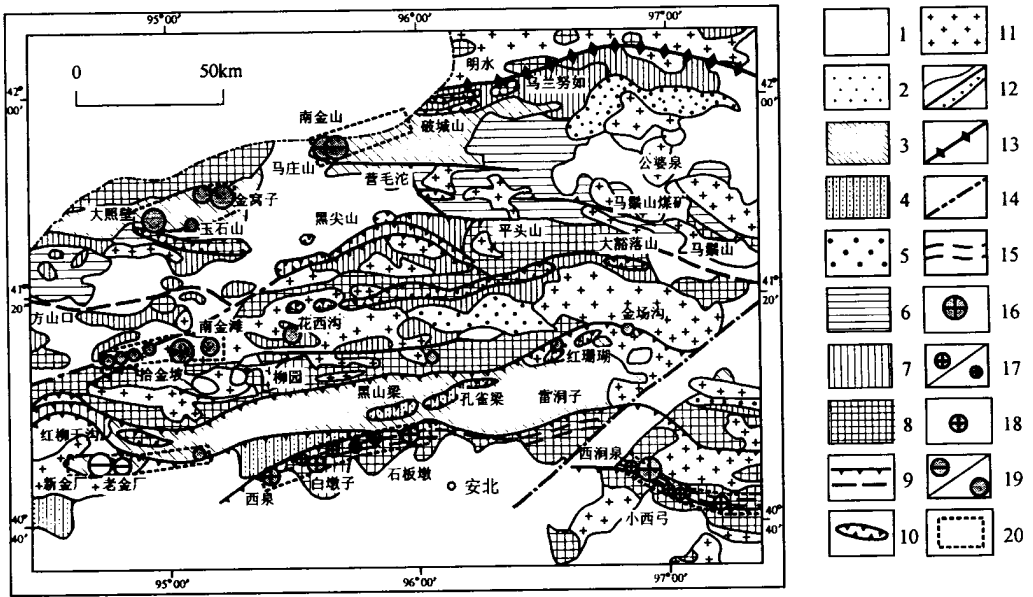


图 1 甘肃北山地区地质构造与金矿床分布图

(据左国朝等和酒泉地调队资料并补充本文成果编制)

Fig.1 Map of geotectonics and distribution of gold deposits in Beishan area, Gansu province

- 1. 第四系—上侏罗统; 2. 下—中侏罗统; 3. 二叠系; 4. 石炭系; 5. 泥盆系; 6. 志留系; 7. 震旦—奥陶系; 8. 前震旦系; 9. 逆冲推覆构造带(三角上盘) 推测逆冲断层; 10. 飞来峰; 11. 不同时期花岗岩; 12. 主要断裂带/不整合; 13. 早古生代缝合线; 14. 喜马拉雅期断裂构造线; 15. 韧性剪切带; 16. 中型金矿床; 17. 小型金矿床/金矿点; 18. 韧性剪切带型金矿床; 19. 火山岩型/岩浆热液型金矿床; 20. 金矿远景预测区

1.1 韧性剪切带型

韧性剪切带型是指成矿机制和控矿因素都与韧性剪切带密切相关的金矿床^[56],主要分布于北山南部地区,在中、北部比较少,与北山南带大范围发育的韧性剪切带有关。金矿

① 地质力学研究所. 甘肃北山玉石山-黑山-马鬃山成矿带铜金镍成矿条件与找矿远景研究. 2001 年(研究报告).

床、金矿体的分布及产状均受韧性剪切带控制。矿化带和矿体大多数平行于韧性剪切带面理构造，沿韧性剪切带延伸可达数公里。主要蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化等。矿化类型常有蚀变糜棱岩型、石英脉型和构造蚀变岩型。矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 1.22‰ ~ 9.63‰ 之间，与变质岩一致，在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图（图略）上，金矿石铅同位素投影点位于造山带区，反映出壳源岩系的来源特点，说明成矿物质主要来源于变形变质岩石。矿石的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{O}_2} = 13.4\text{‰} \sim 13.8\text{‰}$ ，换算后求得成矿流体 $\delta^{18}\text{O}_{\text{O}_2}$ 为 1.50‰ ~ 6.01‰，在投影图中介与变质水与岩浆水重叠部位的左侧，说明成矿流体为韧性剪切带变形动力变质流体和岩浆热流体双重来源，金矿石有蚀变糜棱岩型和石英脉型。金矿石中金属硫化物含量比较低，一般小于 3%，且金属硫化物以黄铁矿为主，成矿时代为印支晚期（213Ma），稍晚于韧性剪切带的构造变形时期。典型金矿床有小西弓金矿床、白墩子地区金矿床。

1.2 岩浆热液型

岩浆热液型金矿床是指成矿作用和控制因素都与岩浆活动、岩浆岩及其演化有关的金矿床，主要分布于北山地区的西部和西北部。金矿床出露与一定的中酸性岩浆岩关系密切，金矿体赋存于岩体内部和岩体近旁，受岩体构造裂隙和断裂的控制。主要矿化类型为石英脉型，主要蚀变有硅化、黄铁矿化、方铅矿化、铁闪锌矿化、毒砂化；成矿温度比较高（210℃ ~ 290℃），S 同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 为 4.0‰ ~ 5.8‰，硫来源单一，说明成矿物质主要来自岩浆岩。矿石中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{O}_2} = 13.3\text{‰} \sim 15.8\text{‰}$ ，换算后求得成矿流体 $\delta^{18}\text{O}_{\text{O}_2}$ 为 2.28‰ ~ 7.47‰，投影图中主要位于岩浆水区，说明成矿流体为岩浆结晶残留热流体和岩浆期后热液。金矿石中金属硫化物含量比较高，一般为 3% ~ 8%。成矿时代稍晚于岩浆岩侵入时代。典型金矿床有金窝子金矿床、拾金坡金矿床和南金滩金矿床。

1.3 海相火山岩型

海相火山岩型金矿床是指成矿作用和控制因素与海底火山喷发、海底火山-沉积作用、火山热液及火山机构有关的金矿床，主要分布于北山北部。金矿床出露与石炭系海相火山岩关系密切，金矿体赋存在火山岩中，受火山-沉积构造和火山机构的控制。金矿石为次生石英岩型，产于火山岩、次火山岩（流纹斑岩）接触带附近。金矿石中金属硫化物含量一般比较低，为 1% 左右；主要蚀变类型有次生石英岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化、叶腊石化和黄铁矿化。成矿时代与火山岩接近或稍晚于火山岩时代（马庄山金矿床 298Ma ~ 303Ma），典型矿床有马庄山金矿、南金山金矿（石炭系火山岩）、新金厂金矿和老金厂金矿（二叠系火山岩）^[7,8]。

2 金矿成矿规律

2.1 成矿物质来源特点

成矿物质是矿床形成的基础，当前普遍认为成矿物质是多来源的，可分为壳下原生源、地壳同化源和岩浆渗滤源 3 种。

据对小西弓典型金矿床的成矿地质背景，地层、岩石的含矿性，区域地球化学场以及金矿点的地质及地球化学特征研究认为，北山地区韧性剪切带型金矿床的成矿物质主要来源于基底变质岩，部分来源于岩浆岩，成矿流体由韧性剪切带变形动力变质流体和岩浆热流体两部分组成（详见上文）。对金窝子金矿床、马庄山金矿床地质及地球化学特征研究后认为，岩浆热液型和海相火山岩型金矿床的成矿物质主要来源于重熔型中酸性岩浆岩，在岩浆结晶

分异后的残留岩浆中金等成矿元素大幅度富集,成矿流体为岩浆结晶残留热流体和岩浆期后热液(详见上文)。如果考虑岩浆岩的成因,即重熔型岩浆岩是由变质岩经熔融后形成的,因此,可以认为前长城系变质岩是初始矿源层,而中酸性侵入岩是直接矿源岩。

区内金矿床、金矿点赋存层位统计发现,最多层位是变形变质岩,其次是花岗岩和花岗岩体旁侧的地层或岩石,再次是火山岩。除基底变质岩外,赋矿层位选择性不明显。作为矿源岩,关键要看金元素在岩石中的状态及被活化迁移的可能性,只要有 2.0×10^{-9} 的金元素被活化并参与成矿,那么, 1.0 km^3 的岩石就可以有 5 吨金,金成矿的地球化学场研究揭示了这一规律^[9]。韧性剪切带变形与金元素丰度关系研究也表明韧性变形越强,岩石中金元素含量越低^[10,11];深层次韧性变形促使金元素的活化迁移,而含矿的韧性剪切带是叠加了韧、脆性变形或脆性破碎再发生的矿化,韧性剪切带内金矿体的金元素不是来自与其相同层次的变形岩石,而是来自同一剪切带中比金矿体赋存部位深且尚未出露的更深层次的变形岩石^[6]。

2.2 构造控矿特征

北山地区金矿床的成因、分布均与构造关系密切,严格受到不同级别构造的控制。

2.2.1 区域大地构造控制成矿岩系分区 早古生代板块构造及其演化控制成矿分区:包括塔里木—中朝板块最北缘洋壳含矿系区(石板井—小黄山洋盆 Cr(Au)成矿岩系区和横峦山—洗肠井边缘盆地 Cr-Ni(Au)成矿岩系分区),过渡型地壳含矿系区(红柳河—牛圈子弧后盆地 Cr-Ni(Au)成矿岩系区、柳园—穿山驯前陆地带和花牛山—白山堂陆缘裂谷 Pb-Zn-Au-Cr 成矿带)^[1]。

晚古生代裂陷槽演化控矿作用:泥盆纪造山阶段含矿岩系区(以 210 金矿床为代表);早、中石炭世陆壳伸展活动阶段含矿岩系区(以火山热液型南金山金(银)矿床、马庄山金(银)矿床为代表);晚石炭世陆壳堆叠作用阶段含矿岩系区(以金窝子地区和拾金坡—南金滩一带与华力西中期花岗岩中金矿床为代表);二叠纪裂谷作用阶段含矿岩系区(以老金厂金矿床、新金厂金矿床为代表)^[1]。

2.2.2 二级构造控制成矿带和成矿岩体的分布 双井子石炭系凹陷控制马庄山—南金山地区海相火山岩型金矿成矿带,马莲井凹陷控制金窝子地区金矿成矿带,拾金坡—花牛山华力西期构造岩浆岩带控制拾金坡—南金滩金矿成矿带,黑山口—大奇山二叠系火山岩凹陷控制与火山岩有关的古堡泉—老金厂金矿成矿带,而白墩子—小西弓敦煌地块北缘的结晶基底地块和大型韧性剪切带控制了发育于基底变质岩系中的韧性剪切带型金矿成矿带(以小西弓金矿床、白墩子地区金矿床为代表)。

2.2.3 主要赋矿构造形式 韧性剪切带:韧性剪切带及其演化过程中形成的韧、脆性剪切带是唯一的赋矿构造。韧性-脆性剪切带控制矿化带的形态、产状、规模及分布;构造变形特点决定金矿化类型,韧性剪切变形引起的构造动力分异作用是金矿化成矿流体的重要来源之一。北山地区金矿床韧性剪切带型金矿床的赋矿构造裂隙以 P 型为主(白墩子地区约占 78.1%,小西弓地区绝大多数为 P 型),同时存在少量 D 型和 R 型及个别 R' 型和 T 型。

岩体构造:北山地区控制金矿体产出的岩体构造不是岩浆岩的原生构造,而是与区域性构造有生成联系的断裂裂隙构造,以金窝子联合金矿床、拾金坡金矿床、南金滩金矿床为代表。金窝子联合金矿床的赋矿构造裂隙是与 NEE 向低角度逆冲推覆构造伴生的 NNW 向和近 SN 向张性裂隙,为石英大脉型金矿床。南金滩和拾金坡金矿床的金矿体则赋存于近 EW 向岩体内的构造裂隙中。

中低角度断裂带：北山地区推覆构造非常发育，但是，大多数浅层次推覆构造不是赋矿构造，仅有少数中等层次的韧-脆性推覆构造成为赋矿构造，210 金矿床的金矿体就赋存于低角度推覆断裂构造中。金矿化类型具有构造蚀变岩型、细网脉型和部分石英脉型。

2.3 岩浆岩与成矿的关系

对海相火山岩型金矿床而言，金矿成矿作用与海相火山岩具有直接的关系，金矿体就是含金的火山岩，或者是含金火山热液沿着火山构造或火山机构的裂隙贯入所形成，成矿物质和成矿流体均为岩浆来源。对岩浆热液型金矿床而言，成矿作用与华力西期中酸性岩浆岩具有非常密切的空间关系。首先，金矿体赋存于岩浆岩内或其旁侧；其次，研究表明，成矿物质主要来源于华力西期中酸性侵入岩；第三，成矿流体主要为岩浆水，岩将岩同时也是成矿作用主要的热动力条件（详见上文）。而韧性剪切带型金矿床虽然成矿物质主要来自基底变质岩，相当一部分成矿流体也来自构造变形动力变质作用产生的流体，但是，岩浆岩却是成矿流体的重要提供者（详见上文），而且岩浆岩也为成矿提供了主要的热动力学条件，促使成矿物质活化、迁移以及地下水循环和元素交换而形成矿床。

2.4 成矿时代特征

中国金矿床成矿时代东西有别，中国东部绝大多数前寒武系中的金矿床成矿时代较新，以中生代为主，如胶东、安徽五河、江西大背坞等。中国西部晚古生代却是金元素成矿的重要时期，其中以北山、天山和北疆地区最明显^[12]，成矿年龄以 300Ma ~ 230Ma 为主。马庄山金矿含金石英脉中的包裹体 Rb-Sr 年龄为 $298\text{Ma} \pm 28\text{Ma}$ ^[13]，金窝子金矿含金石英脉中的包裹体 Rb-Sr 年龄为 $230\text{Ma} \pm 5.7\text{Ma}$ ^[14]，拾金坡金矿含金黄铁矿 U-Pb 模式年龄为 238Ma ^[15]，小西弓金矿床 213Ma（酒泉队资料，动力变质成因绢云母 Rb-Sr 等时线年龄）。北山地区成矿时代以晚古生代为主的特点是由该区大地构造演化历史决定的。北山地区大面积岩浆活动发生于晚古生代，仅极个别岩浆活动持续到三叠纪早期，燕山早期以来没有岩浆活动的迹象，所以，包括金矿床在内的内生成矿作用主要发生于晚古生代，仅个别延续到印支早期，而燕山期是北山乃至我国西北地区金矿成矿作用的寂静期。

2.5 与金矿化有关的蚀变

与金矿化有关的蚀变有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、黄铜矿化、方铅矿化、闪锌矿化、毒砂化、方解石化等，不同成因类型的金矿床蚀变特征和蚀变矿物的含量略有差异。韧性剪切带型金矿床中绿泥石化、绢云母化较发育，而岩浆热液型金矿床中方铅矿化、铁闪锌矿化、毒砂化较发育，但硅化、黄铁矿化是区内金矿床普遍出现的热液蚀变，仅有强弱之分而已。

2.6 矿床成因特点

北山地区内生金矿床成因类型主要是韧性剪切带型、岩浆热液型和火山热液型 3 大类。韧性剪切带型金矿床成矿作用过程可以概括为：强烈的韧性变形和晚古生代岩浆活动提供热液和热源，使岩石或地层中金元素被活化，并以络和物的形式与 Si、Na、Ca 等元素和水一起活化分异形成含金热液，并沿剪切带上升迁移至剪切带的韧脆性部位，由于物理化学条件的改变，金元素在这些部位沉淀富集形成矿床；或者，一部分由上地壳变质岩熔融形成的晚古生代岩浆本身富含金元素，在侵位和矿物晶出过程中，后期残余岩浆或岩浆期后热液已是富含金的流体，沿岩体内裂隙或岩体旁侧的脆性断裂贯入形成含金石英脉型金矿床。而火山热液型金矿床是在海底火山喷发或次火山岩侵入过程中，富含金元素的火山热液可能在火山岩中或火山岩构造或火山机构的裂隙中富集并形成金矿床。

3 找矿方向

根据该区金矿床区域成矿地质条件、成因类型、成矿规律以及控矿因素,综合考虑矿化有利因素和物化探异常分布等特点,圈定该区最有利的金矿找矿远景区有以下6个。

(1) 小西弓外围找矿远景区。该区具有有利的矿源岩和赋矿层位,韧性剪切带发育并叠加韧性脆性变形和脆性裂隙,发育加里东期变形石英闪长岩和华力西期花岗岩类,与金矿化关系密切的围岩蚀变比较发育,化探异常明显,已知金矿床外围的矿化带和金矿点发育。矿床类型为韧性剪切带型。

(2) 白墩子-石板墩找矿远景区。同样,该区也具有有利的矿源岩和赋矿层位(前长城系变质岩),发育元古宙片麻状石英二长岩和海西期花岗岩。韧性剪切带及其构造动力分异作用以及韧性脆性变形明显,构造片岩带是十分有利的赋矿构造,而且已有良好的金矿化显示。小型金矿床、金矿点有30多个,单个金矿化带最大超过2km。矿床类型为韧性剪切带型。

(3) 金窝子-照壁山找矿远景区。志留系和泥盆系是该区有利的矿源岩和赋矿层位,韧性脆性变形和脆性断裂构造发育,出露华力西期花岗岩类。围岩蚀变比较发育,已知金矿床的外围矿化带和金矿点发育。矿床类型为岩浆热液型。

(4) 拾金坡-南金滩找矿远景区。区内发育的华力西期花岗岩类是金成矿的有利矿源岩,也是成矿流体的主要供给源。岩体中构造裂隙发育,是有利的赋矿构造,与金矿化关系密切的围岩蚀变比较发育,已知金矿床有2处,金矿点多处。矿床类型为岩浆热液型。

(5) 马庄山-南金山外围找矿远景区。区内出露石炭系海相火山岩系,是有利的矿源岩系和赋矿岩系,也是成矿流体的提供者。火山岩构造和火山机构发育,围岩蚀变比较发育,已知大型金矿床的外围矿化带和金矿点众多,矿床类型为海相火山岩型和火山热液型。

(6) 古堡泉-老金厂矿远景区。区内二叠系海相火山岩系是有利的矿源岩系和赋矿岩系,又是成矿流体的提供者。火山岩构造和火山机构发育,围岩蚀变比较发育,已知中型金矿床的外围矿化带和金矿点众多,矿床类型为海相火山岩型和火山热液型。

参 考 文 献

- [1] 左国朝,何国琦. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [2] 甘肃地质矿产局. 甘肃省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [3] 左国朝,郑亚东. 1990年北山岩石圈研究野外调研取得重大突破,发现八条区域性韧性剪切带及特大型推覆构造[J]. 甘肃地质科技情报,1991,(1):1~4.
- [4] 左国朝,冯永忠,刘春燕,等. 甘肃北山中南带新发现燕山早期走滑挤压推覆构造带[J]. 地质科学,1992,(4):309~316.
- [5] 博伊尔 R W. 金的地球化学及金矿床[M]. 马万均,王立文,罗永国等译. 北京:地质出版社,1984.
- [6] 陈柏林,董法先,李中坚. 韧性剪切带型金矿床成矿模式[J]. 地质论评,1999,45(2):186~192.
- [7] 李志琛. 马庄山、南金山金矿床成因类型和成矿机理的探讨[J]. 甘肃地质科技情报,1990,(1):33~35.
- [8] 任丰寿. 金山马庄山海相火山岩型金(银)矿成矿找矿模式[J]. 甘肃地质科技情报,1990,(1):28~32.
- [9] 华仁民,陈克荣,赵连泽. 江西银山外围地层中金的地球化学降低场及成矿意义[J]. 矿床地质,1993,12(4):289~295.
- [10] 邵世才. 试论韧性剪切作用与金的成矿[J]. 贵金属地质[J],1996,5(2):142~145.

- [11] 陈柏林. 糜棱岩型金矿床金元素丰度与构造变形的关系 [J]. 矿床地质, 2000, 19 (1): 17 ~ 25.
- [12] 韦永福, 吕英杰, 江雄新, 等. 中国金矿床 [M]. 北京: 地震出版社, 1994, 251 ~ 254.
- [13] 李华芹, 陈富文, 蔡红, 等. 新疆东部马庄山金矿成矿作用同位素年代学研究 [J]. 地质科学, 1999, 34 (2): 251 ~ 256.
- [14] 陈富文, 李华芹, 蔡红, 等. 新疆东部金窝子金矿成因讨论 [J]. 地质论评, 1999, 45 (3): 247 ~ 254.
- [15] 周济元, 崔炳芳, 肖惠良, 等. 甘肃北山东段裂谷演化及金矿成矿规律 [J]. 火山地质与矿产, 2000, 21 (1): 7 ~ 17.

GENETIC TYPE CHARACTERISTICS AND EXPLORATION OF GOLD DEPOSIT IN BEISHAN AREA , GANSU PROVINCE

CHEN Bai-lin¹ , WU Gan-guo² , YE De-jin³ , LIU Xiao-chun¹ , SHU Bin¹ , YANG Nong¹

(1. *Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing 100081 , China ;*

2. *China University of Geoscience , Beijing , 100083 , China ;*

3. *Jiuquan Geological Party of GBEDGMR , Jiuquan 735009 , China .)*

Abstract : There occurs a lot of gold deposits which belong to three genetic types : ductile shear zone-type , magmatic-hydrothermal type and marine-volcanic type. Source materials of gold deposits in the area are derived mainly from the metamorphic rocks , Variscan intermediate-acid intrusive rock , and marine volcanic rocks and sub-volcanic rocks of Carboniferous system. Except the metamorphic rocks and volcanic rocks of Carboniferous system , there is little selectivity of stratigraphic time for gold deposit to occur. Ore fluid of magmatic-hydrothermal type and marine-volcanic type gold deposits is drawn mainly from magmatic water , but one of ductile shear zone-type from magmatic water and dynamic metamorphic hydrothermal solution. The study of structure controls of gold deposits shows that tectonics and regional structure control the distribution of ore-bearing rock series , secondary structure controls the distribution of ore-forming rock mass and mineralization belts. The ore-hosting structures are ductile shear zone , low angle faults , and fractures in the magmatitic mass. And most of gold deposit in the area formed mainly in late Paleozoic era. The prospective places for gold deposit are Xiaoxigong and its peripheral area , Baidunzi-Shibandun area , Jinwozi-Zhaobishan area , Shijinpo-Nanjintan area , Mazhuangshan-Nanjintan area and Gubaiquan-Laojinchang area.

Key words : genetic type of gold deposit ; metallogenic exploration ; Beishan area of Gansu Province