

甘肃北山南金山金矿床地质特征及深部成矿预测

曹亮¹, 许荣科², 段其发¹, 彭三国¹, 陕亮³, 张雨莲⁴

(1. 武汉地质矿产研究所, 武汉 430223; 2. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074;
3. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 4. 西安地质矿产研究所, 西安 710054;)

[摘要]南金山金矿是北山地区典型的浅成低温热液型金矿床,原20万化探扫面中在该矿床处存在W、Mo等高温元素异常组合,明显异于一般浅成低温热液矿床仅存在中低温元素异常组合。作者在系列成矿找矿思路的指导下,采集了南金山金矿床不同深度的地球化学样品,剖析该矿床特征、蚀变矿化特征、成矿元素的富集规律,指出该矿床是一典型的高硫型浅成低温热液矿床,矿床高温元素W、Mo,中温元素Cu向深部增高。并通过与典型铜金矿床地化特征、国外高硫型浅成低温热液型矿床与相关铜金矿床空间配位的类比,提出了南金山金矿深部存在斑岩型铜矿的可能。

[关键词]南金山 浅成低温热液 成矿元素 深部成矿预测

[中图分类号]P612+ P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2010)03-0377-08

Cao Liang, Xu Rong-ke, Duan Qi-fa, Peng San-guo, Shan Liang, Zhang Yu-lian. Geological features of the Nanjinshan gold deposit and prediction of mineralization at depth in the Beishan area, Gansu Province[J]. Geology and Exploration, 2010, 46(3): 0377-0384.

0 引言

南金山金矿先由甘肃省地质局物探队于1981年在该区开展1:5万岩石化学测量时圈定化探异常,后由甘肃省地质矿产局第四地质队经过普查、勘探发现的。南金山金矿自发现以来,负责该矿床勘探的技术负责陈天伟和其后的研究者(崔惠文等,1996),根据矿石属银金矿,蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化、叶蜡石化为主,矿化与硅化关系最为密切,将之确定为海相火山岩型中低温热液矿床,并据此进行了勘探。通过⁴⁰Ar-³⁹Ar同位素年龄测定南金山金矿床的成矿时代为 242.8 ± 0.8 Ma(江思宏等,2001),相当于印支早期,远晚于其围岩成岩时代,因此该矿床可能属于与岩浆岩有关的中低温热液型金矿床。

北山地区北带的斑岩铜矿找矿问题一直是疑难问题,而原20万化探扫面中发现南金山金矿存在W、Mo等高温元素异常组合,笔者在参与北山地区项目过程中,在系列成矿找矿思路的指导下,曾研究了南金山金矿的流体包裹体,并采集了不同深度的

地球化学样品,以期对这一问题做进一步的探讨。

1 地质背景

南金山金矿位于甘肃省肃北蒙古族自治县明水乡,其地理坐标为东经 $96^{\circ}06'06'' \sim 96^{\circ}10'43''$,北纬 $41^{\circ}56'54'' \sim 41^{\circ}58'31''$,产于北山北部晚古生代活动大陆边缘(图1)。中一晚古生代时期,在扫子山-红石山-百合山一线,形成大量地缝合线的蛇绿岩,该构造带是西伯利亚板块和中朝板块的分界线。在中朝板块北缘北山地区形成岛弧火山构造带,呈东西方向的火山链集聚,由于火山作用形成复杂的火山机构,或以中心式喷发或以裂隙式喷发,组成北山地区广阔的岛弧带(左国朝等,1990)。

2 矿区地质及矿体地质概况

2.1 矿区地质

矿区东西长4.5km,南北宽约2km,面积约 9.0km^2 ,区内主要出露下石炭统白山组、上岩组浅海相浅变质相火山碎屑岩及正常沉积碎屑岩、碳酸岩,其北侧为大面积分布的海西中晚期花岗闪长岩、

[收稿日期]2009-10-30;[修订日期]2010-04-08;[责任编辑]郑杰。

[基金项目]中国地质调查局国土资源大调查项目(编号:1212010531504)资助。

[第一作者简介]曹亮(1982年—),男,2008年毕业于中国地质大学,获硕士学位,从事矿产勘查与研究,E-mail: okeyokok@163.com。

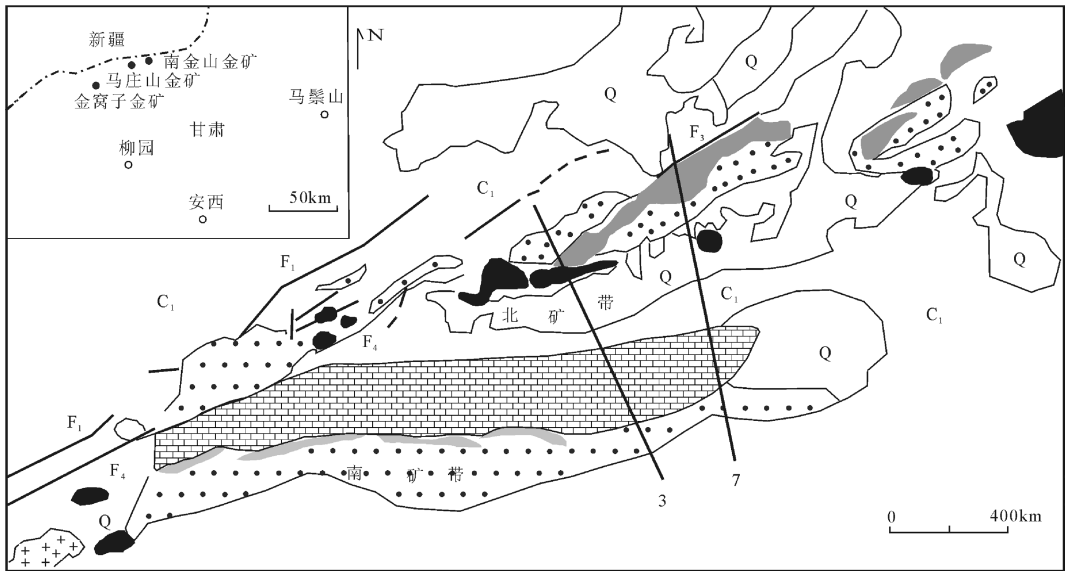


图1 南金山金矿床地质图(据酒泉地质调查队资料^① 修编)

Fig. 1 Geological map of the Nanjinshan gold deposit (modified after data from Geological Survey Brigade of Jiuquan^①)

1-第四系;2-下石炭统白山组;3-隐爆岩角砾岩;4-隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩;5-白山组灰岩;
6-花岗细晶岩;7-硅化岩;8-石英脉;9-断裂;10-勘探线位置及编号

1-quaternary;2-Lower Carboniferous Beishan Formation;3-cryptoexplosive magmatic breccia; 4-cryptoexplosive tuffaceous breccia and cryptoexplosive brecciated tuff; 5-limestone of Baishan Formation; 6-granitic aplite;7-silicified rock;8-quartz vein; 9-fault;10-exploration line and its serial number

石英闪长岩,南侧为近东西向分布的寒武系及前寒武系变质岩系(图1)。

白山组、上岩组为矿区赋矿地层,下部主要为泥灰岩、条带状灰岩及千枚状绢云母板岩等,与北侧的侵入岩接触处有轻微的变质,中部主要为浅变质凝灰质粉砂岩、凝灰质砂(砾)岩、英安质凝灰岩及花岗质砂砾岩等,上部主要为细晶灰岩。金矿化主要发育于中部岩系,矿体和含金脉体的直接围岩为浅变质的凝灰质砂岩、凝灰质砂砾岩及英安质凝灰岩。区内断裂构造十分发育,尤其是近东西-北东向与火山机构有关似环状断裂,为主要控矿构造,其产状为倾向南-南东,倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$,沿断裂带有时可见宽窄不一的糜棱岩带,并见火山热液交代充填而形成的蚀变石英岩脉,表明这组断裂为本区热液活动的主要通道,矿体及含金脉体一般分布于这组断裂的下盘(图2),由于该组断裂下盘派生裂隙构成容矿空间,尤其是断裂通过渗透性较大的凝灰质砂、粉砂岩时(赵安生等,1993),为含矿热液运移进而与围岩发生交代引起矿质沉淀提供了理想的成矿场所。

2.2 矿体特征

金矿体主要在次生石英岩中或次生石英岩化火山碎屑岩内产出。含矿岩石类型主要有变凝灰质砂砾岩、变凝灰质砂岩和变英安质凝灰岩,局部为灰岩破碎带。南金山金矿床按矿体产出部位和空间分布位置,可分为南、北2个含矿带,均呈近EW向展布。北矿带EW长4.5km,SN宽0.5km,矿体成群集中分布于隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩中,为该区的主矿带;南矿带EW长约5.5km,SN宽0.3km,地表可见多条斜列式分布的硅化带,局部见石英脉产出,呈NEE向带状分布于隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩中。北矿带内已圈出金矿体54个,矿体长25~830m,厚度1~38.96m,斜深4~170m,呈脉状和透镜状(图2),局部具膨大收缩、分支复合现象,其走向与地层一致($65^{\circ} \sim 80^{\circ}$),倾向与地层相反,绝大多数北倾,倾角 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$,局部较陡($60^{\circ} \sim 70^{\circ}$)。北矿带地表东段的矿体规模小,分布零散,连续性和含矿性较差,而中段矿体的连续性和含矿性则较好,因此,矿体具向西收敛,向东撒开的帚状分布特点(聂凤军等,2002)。在剖面上,矿体具叠瓦

状平行分布的特点(图2),一般无明显的侧伏现象。

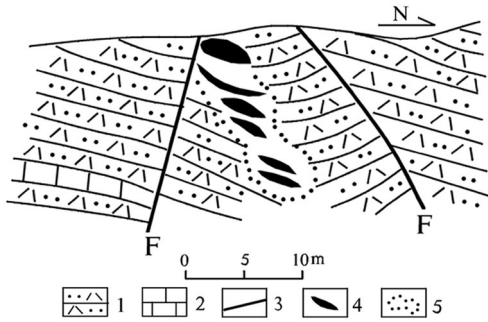


图2 南金山金矿体与断裂构造关系示意图

Fig. 2 Sketch showing relationship between orebody and fracture structure in Nanjinshan gold deposit

1-凝灰质砂、砾岩;2-灰岩;3-断裂;4-金矿体;5-硅化带
1-tuff sandstone and conglomerate; 2-limestone; 3-fault;
4-gold orebody; 5-silicified zone

矿石组成矿物有矿石矿物和脉石矿物。通过室内镜下光片鉴定,它们的矿石矿物以黄铁矿(1%)为主,偶见磁铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等,在地表氧化带则为褐铁矿(4%)、黄钾铁矾及少量孔雀石等,金、银矿物主要为银金矿,其次为自然金、自然银及角银矿。脉石矿物以石英(77.5%)和绢云母(9.65%)为主,其次为方解石、叶腊石、明矾石、碳酸盐矿物等。

南金山金矿的矿石结构类型多样,有自形晶、半自形晶粒状结构、它形充填结构、交代结构、假象结构、交代残余结构,脉状穿插结构等。

自形粒状结构:矿石中黄铁矿呈完好的自形晶产出,颗粒粗大,最大颗粒可达到1cm,晶体表面可以看到明显的纵纹,多见于石英脉中的黄铁矿,为早期高温阶段的产物。

半自形粒状结构:矿石中黄铁矿、毒砂矿以半自形粒状浸染状产出。

交代结构:本区内较容易见到的结构,类型较为复杂。常见的交代结构有早期形成的黄铁矿被石英、黄铜矿等交代成港湾状,孤岛状的侵蚀结构(赵安生等,1993);黄铜矿细脉沿着黄铁矿的裂隙、解理等穿插交错,细脉的宽窄有变,脉壁不规则也不平行,长度较小,脉之间有分叉和汇合的交叉交错现象。

自然金主要呈包体嵌布在石英、黄铁矿或褐铁矿内,少量分布在岩石裂隙和矿物晶洞中。

3 蚀变矿化特征及成矿元素分带

3.1 蚀变矿化特征

矿区内蚀变类型主要为次生石英岩化、硅化、

绢云母化、其次为叶蜡石化及黄铁矿化,在地表褐铁矿化普遍。

3.1.1 次生石英岩化

次生石英岩化是中酸性火山岩,在火山热液、喷气的作用下,经交代蚀变形成的一种以石英为主要成分并包含一组富铝矿物为特征的蚀变类型,是本区最重要的与金矿化关系密切的气-液蚀变类型之一。

3.1.2 硅化

发育于矿体及其两侧,呈带状分布,强烈的硅化形成了石英岩脉,由矿体向外蚀变由强变弱,主要特征是原岩的凝灰质砂、粉砂岩被大量的微粒石英所取代,并使围岩有明显的褪色现象,晚期硅化与之不同的是呈乳白色石英小脉充填于矿石及围岩中(赵安生等,1993)。

3.1.3 绢云母化

绢云母化特征为原岩中的火山碎屑物质及胶结物被大量磷片状绢云母取代且在矿石中呈团块状分布。绢云母化分布比较广泛,但绢云母的含量变化大,最高含量可达59%,大部分岩石中绢云母很少。在绝大多数地带,绢云母化蚀变常与硅化相伴;矿体内或矿体附近的次火山岩内,绢云母化与叶蜡石化常呈正相关关系,在矿区北部、南部和东部的一些地段,绢云母化常与土化密切共生。

3.1.4 叶蜡石化

叶蜡石化仅在矿化地段内发育,蚀变强度相对较弱,分布极不均匀。据薄片鉴定结果,大部分岩石中叶蜡石含量甚微或与绢云母难于区分。叶蜡石的富集有时与流纹岩有关,有时与凝灰岩有关,有时与次生石英岩有关,规律性不很强。叶蜡石化与金矿化关系密切,在叶蜡石化强烈地段,矿石品位也有所增高,是寻找金矿的重要标志。

3.1.5 金属硫化物

广泛分布在蚀变地带的金属硫化物也构成了重要的找矿标志,在矿化地带金属硫化物含量增加,且绝大部分金属硫化物矿物都是金的载金体,它们经常以连晶和包晶的方式与自然金共生。

3.2 成矿元素分带特征

在垂直矿床或矿体走向的方向,成矿元素也具有较明显的分带性。从3号勘探线地球化学剖面(图3)可以看出,Au、As、Co、Ni等元素构成内带,与矿体位置相对应,紧靠金矿体顶底板由Sb、Ba、Hg、Pb、Zn等元素组成,更外侧由Ag元素组成。

本次工作选取了矿区不同深度的6件样品,做

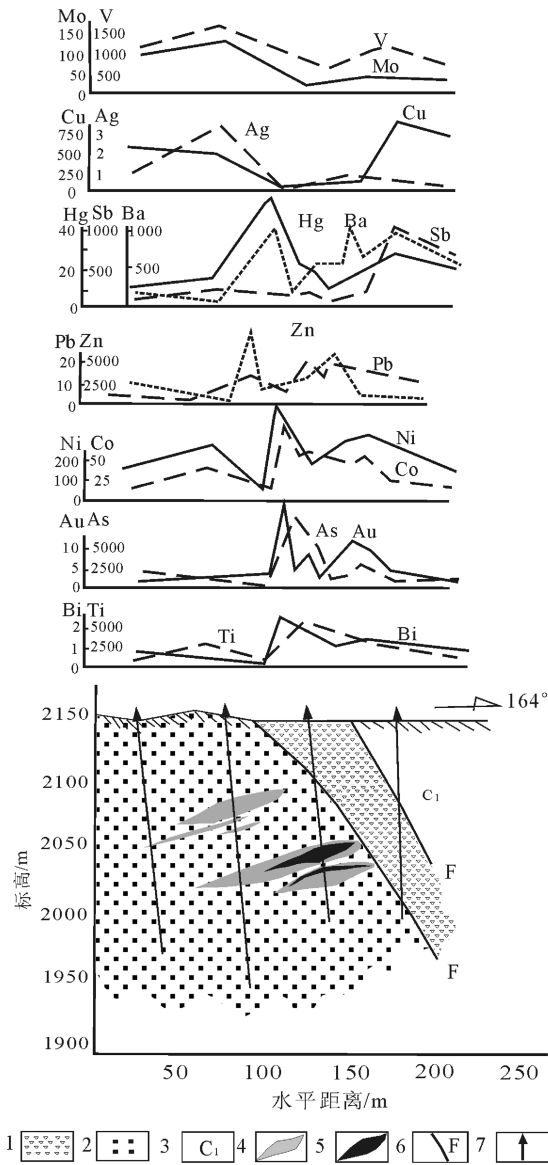


图3 南金山金矿3号勘探线地球化学剖面图(图部分据酒泉地质调查队资料^①)

Fig. 3 Geological sections of exploration line 3 in the Nanjinshan gold deposit (part of map modified after Geological Survey Brigade of Jiuquan^①)

- 1-隐爆岩浆角砾岩;2-隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩;3-下石炭统白山组;4-硅化岩;5-金矿体;6-断层;7-钻孔位置
- 1-cryptoexplosive magmatic breccia; 2-cryptoexplosive tuffaceous breccia and cryptoexplosive brecciated tuff; 3-limestone of Beishan Formation; 4-silicified rock; 5-gold orebody; 6-fault; 7- location of drill hole

了与成矿相关的元素的分析,部分数据如下(表1):除地表处规律不强外,内带元素Co、Ni和高温元素W、Mo,中温元素Cu向深部增高,指示中低温的Ag呈降低趋势。

4 讨论和成矿预测

4.1 成矿机理

据野外观察及蚀变矿化特征分析,南金山金矿床的成矿作用可分为两个成矿期,即热液期和表生期。热液期又可分为石英—硫化物阶段和石英—叶腊石—碳酸盐阶段,前一阶段为本区主成矿阶段,后一阶段仅在局部促使金再度富集。表生期主要是在地表氧化条件下,使黄铁矿等金属硫化物氧化形成褐铁矿、黄钾铁矾,使金矿物颗粒从硫化物中析离出来,个别有次生增大现象。

南金山金矿硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于2.00‰~+8.4‰,峰值在7‰~+9‰之间,平均值为7.11‰,均正向偏离陨硫平均,说明矿石中的硫来自地壳深部。Pb同位素中硫化物样品的投绘点较为集中,均位于造山带铅演化线附近,说明矿石中Pb主要来自造山带(聂凤军等,2002)。氢和氧同位素数据表明,成矿热液具有岩浆水与大气降水的混合水特征,成矿温度为160℃~240℃,成矿深度为1.8~2.0km^②,属于浅成中低温热液矿床。金矿床的成矿时代为242.8±0.8Ma,相当于印支早期,远晚于其围岩成岩时代,因此该矿床可能属于与岩浆岩有关的浅成中低温热液型金矿床。

南金山金矿床矿化带东西两侧蚀变存在明显差异,东侧温度变低,蚀变以弱的次生石英岩化、碳酸盐化、褐铁矿化为主。脉石矿物主要为玉髓、方解石,矿石矿物主要是黄铁矿和银金矿,矿化也较弱,多在1g/t以下。西侧则是主要的矿区,蚀变以强硅化及叶腊石化为主。脉石矿物主要为叶腊石,矿石矿物主要是黄铁矿、方铅矿、自然金及毒砂,矿化较强,品味较高。说明南金山金矿主体为高硫型浅成低温热液型金矿床。

4.2 成矿预测

随着在浅成低温热液型矿床深部发现大量的斑岩型矿化,或者在斑岩型矿床附近发现大量的浅成低温热液型矿床的事实,引起了人们对斑岩型矿床与浅成低温热液型矿床之间存在的内在关系的高度重视,作者们从不同角度来探讨它们之间的转换关系(Hedenquist *et al.*, 1998; Muntean *et al.*, 2001; Peytcheva *et al.*, 2003; Voudouris *et al.*, 2003)。主要原因是这些浅成低温液热矿床与斑岩型矿空间上距离较近,有的甚至产在一个矿区,上部为浅成低温热液型Au矿床,下部为斑岩型Cu-Au矿床,如勒潘多(Lepanto)高硫化型浅成低温热液型Cu-Au矿床就

产出在远东南(Far Southeast)斑岩铜矿之上(Hedenquist *et al.*, 1998; 聂凤军等, 2004)(图4)。在我国福建紫金山矿区, 碧田 Ag-Au-Cu 矿床、紫金山 Cu-Au 矿床和中寮 Cu 矿床, 分别代表了紫金山矿区的低硫型浅成热液矿床、高硫型浅成热液矿床和斑岩型矿床, 它们在空间上有序分布: 中寮斑岩铜矿床位于花岗闪长斑岩顶部, 紫金山高硫型浅成热液 Cu-Au 矿床位于隐伏花岗闪长斑岩顶部之上 800 ~ 2000m 的火山岩穹之核部, 碧田低硫型浅成热液 Ag

-Au-Cu 矿床则产于远离花岗闪长斑岩的大型低平火山洼地中(张德全等, 2003)。南金山金矿区由东向西, 由低硫型金矿化向高硫型金矿化演变, 与上述地区相对比, 推测其深部存在斑岩及相应铜矿化的可能。

世界范围的斑岩铜矿, 不论产出于弧造山环境还是形成于碰撞造山环境, 均发育类似的热液蚀变系统和典型的蚀变分带。蚀变系统一般包括早期的 K 硅酸盐化, 随后的石英绢云母化和晚期的高级泥

表1 成矿元素分析结果

Table 1 Analysis result of mineralization elements

样品编号	采样深度	单位: $\mu\text{g/g}$													
		Mo	W	Pb	As	Sb	Bi	Ag	Sn	Au	Cu	Mn	Co	Ni	Zn
D25-3	地表	2.47	0.32	7.05	13.6	3.23	0.29	4.4	1.06	1553	6.09	26.8	< 0.1	2.11	0.59
D25-12	-50m	1.12	0.21	5.37	32.9	41.0	0.94	48.8	1.67	8268	19.6	9.66	< 0.1	2.37	0.63
D25-26	-100m	0.35	0.093	5.98	28.7	24.0	0.20	10.0	0.89	129	20.1	37.2	0.20	2.25	8.19
D25-27	-200m	0.19	0.29	6.18	87.7	56.8	0.42	34.8	1.01	12100	55.6	129	0.79	6.70	6.08
D25-8	-300m	0.18	0.19	6.15	155	53.0	0.36	16.2	1.26	1862	61.8	76.2	2.68	6.92	4.27
D25-23	-400m	0.77	0.78	34.8	154	60.6	0.85	6.0	1.46	23.3	68.7	765	1.26	7.10	21.0

注: 样品测试在国土资源部武汉综合岩矿测试中心完成, 测试时间: 2007. 12。

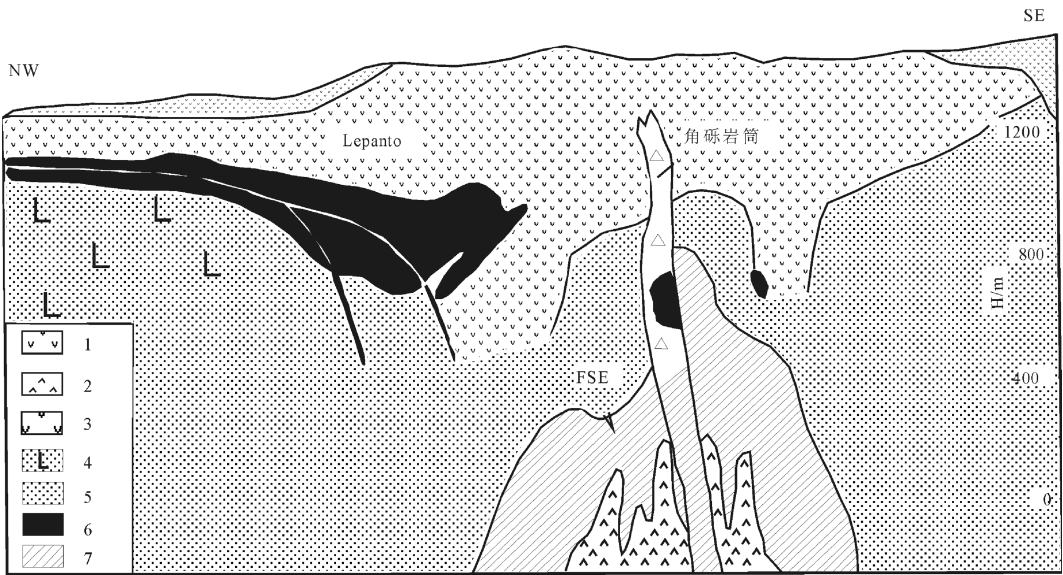


图4 穿过 Lepanto 浅成低温热液 Cu-Au 矿及其下伏 Far Southeast(FSE) 斑岩型 Cu-Au 矿的 NW-SE 向纵剖面图(引自 Hedenquist 等, 1998)

Fig. 4 Schematic north-west-south-east longitudinal section through the Lepanto epithermal and underlying Far Southeast(FSE) porphyry Cu-Au orebodies (after Hedenquist *et al.*, 1998)

1-Bato 组英安岩; 2-石英闪长玢岩; 3-Imbanguila 组英安岩; 4-Balili 组火山碎屑岩; 5-Lepanto 组变质火山岩; 6-浅成低温热液型 Cu-Au 矿 (>2.5% Cu eq); 7-斑岩型 Cu-Au 矿 (>1% Cu eq)

1-Bato Formation dacite; 2-quartz diorite porphyrite; 3-Imbanguila Formation dacite; 4-Balili Formation pyroclastic rock; 5-Lepanto Formation metavolcanic rocks; 6-epithermal Cu-Au deposit (>2.5% Cu eq); 7-porphyry Cu-Au deposit (>1% Cu eq)

化,蚀变分带通常呈环带状绕含矿岩体分布,自内而外,依次为 K 硅酸盐化带→石英绢云母化→高级泥化带(侯增谦,2004)。K 硅酸盐化通常发育于斑岩体内部,呈面型分布。石英绢云母化通常叠加于 K 硅酸盐化之上,并环绕其分布,主体产出于斑岩体边缘。高级泥化蚀变也可能出现较早,但延续时间很长,发育部位较高,叠加于前两个蚀变带之上,主要发育在斑岩体顶部及其与围岩接触带。这种套合式的蚀变分带为判断斑岩体剥蚀程度和工程勘查提供了重要的指示性标志。南金山金矿蚀变以强硅化及叶腊石化为主,尚未观察到钾硅酸盐化蚀变现象,但目前所获得的样品仅限于浅部 150m 内,而对南金山金矿深部的叶腊石化地带以往的研究并不足,不排除深部有大规模的钾硅酸盐化亚带发育的可能。

前人通过对大量斑岩铜矿床的研究,确定它们一般由深部向地表的轴向分带序列为(Ni、Co)—(Mo、Cu、Pb、Zn)—(Au、Ag)—(As、Sb、Hg)(李景春,1995)。在南金山金矿,地表由低硫矿石(东段玉髓质及碳酸盐化矿化地段)向高硫矿石(叶腊石及黄铁矿较高地段),成矿元素有序变化,具有低温元素 As、Hg、Sb 主要富集于低硫型矿石区(东段或南段),高温元素 Cu、Mo、W 主要富集于高硫化矿石区,且作者所完成的地球化学剖面进一步指示向深

部 Cu、Mo、W 矿化迅速增强。前人采用高效数字化的 EH-4 连续电导率成像仪(沈远超等,2006),除对已知矿体有反映外,更重要的是指出在南北矿带之间存在一个与斑岩体内流体沸腾所形成的隐爆角砾岩带和深部花岗岩(斑岩体)的突起(图 5),其中深部的斑岩体部分有可能构成隐伏的斑岩型铜矿床的赋存地带,而该矿床及附近很可能还有类似的斑岩体存在,从而构成潜在的斑岩铜矿的找矿靶区。

5 结论

南金山金矿主体是高硫型浅成低温热液型金矿,矿床成矿元素具有向下逐渐富集高温元素的分带变化规律,是隐伏斑岩体所派生的高氧化酸性流体淋滤交代岩石形成,它在空间上更接近斑岩型成矿环境(肖龙等,2002),通过与国内外典型斑岩铜金矿的对比,预测南金山高硫型浅成低温热液矿床矿体深部存在斑岩铜矿的可能。

致谢 本文在完成的过程中,得到郑有业教授的大力支持,在此表示深深的感谢。

[注释]

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质队. 1990.《甘肃省肃北蒙古族自治县南金山金矿区 02-06 线详查地质报告

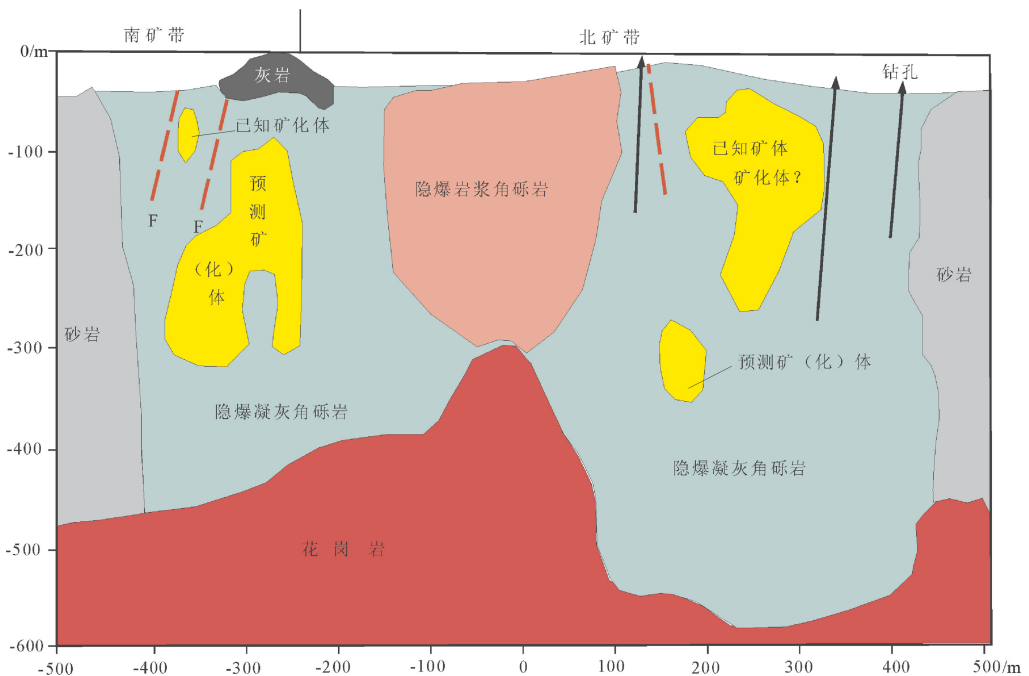


图 5 南金山金矿床 7 勘探线 EH-4 连续电导率地质解译图(引自沈远超等,2006)
 Fig. 5 Geological interpretation section of EH-4 resistivity model of along exploration line 7 in the Nanjinshan gold deposit (after Shen et al., 2006)

- ② 曹亮. 2005. 甘肃北山南金山金矿床地球化学特征及矿床成因研究, 中国地质大学(武汉)研究生院硕士学位论文:32-40

[References]

- Cui Hui-wen, Chen Zu-yi. 1996. Gold deposit geology of Beishan Area, Gansu Province[M]. Beijing: Geological Publishing House:1-104
- Chen Tian-wei. 1995. Discussion on geological feature and genesis of Nan jinshan volcanic rock of marine facies of gold deposit [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2(3):158-162
- Chen Shi-zhong, Zhou Ji-yuan, Gu Lian-xing, Cui Bing-fang, Xiao Hui-liang. 2000. Genesis of Ore-forming Fluids and Precipitation Mechanism of Gold in the Mazhuangshan Gold Deposit, Hami, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 19(3):193-198
- Chen Jing-he. 1999. The metallogenic mode of Zijinshan copper (gold) deposit [J]. Gold, 20(6):6-11
- Hou Zeng-qian. 2004. Porphyry Cu-Mo-Au deposits: Some new insights and advances[J]. Earth Science Frontiers(China University of Geosciences, Beijing), 11(1):131-140
- Hedenquist JW, Arribas A J, Reynolds T J. 1998. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits Philippines [J]. Economic Geology, 93(4):373-404
- Jiang Si-hong, Nie Feng-jun. 2001. ⁴⁰Ar-³⁹Ar isotopic age dating on Nanjinshan gold deposit and its implication[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 20(4):344-346
- Jiang Si-hong, Nie Feng-jun, Zhang Yi, Hu Peng. 2004. The latest advances in the research of epithermal deposits [J]. Earth Science Frontiers(China University of Geosciences, Beijing), 11(2):401-411
- Li Jing-chun. 1995. Application of chiberhev distribution on metallogenic prognosis in Nanjinshan gold deposit[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 4(2):147-151
- Liu Wei, Pan Xiao-fei. 2006. Evolution of Ore-forming Fluids and Formational Mechanism for Beishan, Xinjiang-Gansu Border Area of China [J]. Acta Petrologica Sinica, 22(1):171-188
- Muntean J L, Einaudi M T. 2001. Porphyry-epithermal transition; Maricunga belt, northern Chile [J]. Economic Geology, 96(4):743-772
- Nie Feng-jun, Jiang Si-hong, Bai Da-ming, Wang Xin-liang, Su Xin-xu, Li Jing-chun, Liu Yan, Zhao Shang-min. 2002. Metallogenic Studies and Ore Prospecting in the Conjunction area of Inner Mongolia autonomous Region, Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region (Beishan Mt.), Northwest China [M]. Beijing: Geological Publishing House:138-168
- Perello J, Cox D, Garamjav D, Sanjedorj S, Diakov S, Schissel D, Munkhbat T O, Oyun G. 2001. Oyu Tolgoi, Mongolia: Siluro-devonian porphyry Cu-Au-(Mo) and high-sulfidation Cu mineralization with a Cretaceous chalcocite blanket[J]. Econ Geol, 96:1407-1428
- Peytcheva I, Von Quadt, Kouzmanov K, Bogdanov K. 2003. Elshitsa and Vlaykov Vruh epithermal and porphyry Cu-Au deposits of Central Srednogie, Bulgaria: Source and timing of magmatism and mineralization [A]. Eliopoulos. Proceedings of the seventh Biennial SGA meeting—mineral exploration and sustainable development [C]. Rotterdam: Millpress Science Publishers, 371-373
- Roedder E. 1971. Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado [J]. Econ Geol, 66:98-120
- Shen Yuan-chao, Shen Ping, Zeng Qing-dong, Liu Tie-bing, Li Guang-ming. 2006. Discovery of cryptoexplosive breccia in Nanjinshan gold deposit of Beishan area, Gansu Province and study of metallogenic regularity [J]. Mineral Deposits, 25(5):572-581
- Sheppard S M F. 1971. Hydrogen and oxygen isotope ratios in minerals from porphyry copper deposits [J]. Econ Geol, 66:515-542
- Voudoures P, Melfos V, Vavelidis M, Arikas K. 2003. Genetic relation between the Tertiary porphyry Cu-(±Mo) and the epithermal Au-(±Ag) deposits in the Rhodope metallogenic province, Thraceregion, Northern Greece [A]. Eliopoulos. Proceedings of the seventh Biennial SGA meeting—mineral exploration and sustainable development [C]. Rotterdam: Millpress Science Publishers, 541-544
- Wang Li-juan, Wang Jing-bin, Wang Yu-wang, Zhu He-ping, Qu Li-li. 2005. The study of ore-fluid and C-S-Pb isotope of rich in S and poor in S types in epithermal gold deposits, Junggar area, Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 21(5):1382-1388
- Xiao Long, Wang Fang-zheng, Begg Graham, Fu Min-lu. 2002. Gold mineralization styles of Jingxi-Yelend deposit: Evidence from hydrothermal alteration and fluid inclusion data [J]. Mineral Deposits, 21(1):58-63
- Zuo Guo-chao, He Guo-qi. 1990. Plate tectonics and metallogenic regularities in Beishan region [M]. Beijing: Peking University Publishing House:1-209
- Zhao An-sheng, Li Jing-chun. 1993. Discussion on geological feature and genesis of Nanjinshan gold deposit [J]. Gold, 14(6):7-10
- Zhang Jiang. 2001. Minxi Zijingshan copper-gold mineral deposit geology and geochemical features [J]. Geology and Prospecting, 37(2):17-22
- Zhang De-quan, She Hong-quan, Li Da-xin, Feng Cheng-you. 2003. The porphyry-epithermal metallogenic system in the Zijinshan region, Fujian province [J]. Acta Geologica Sinica (in Chinese), 77(2):253-261

[附中文参考文献]

- 崔惠文, 陈祖伊. 1996. 甘肃北山地区金矿 [M]. 北京:地质出版社:1-104
- 陈天伟. 1992. 南金山海相火山岩型金矿床地质特征及矿床成因探讨 [J]. 贵金属地质, 2(3):158-162
- 陈世忠, 周济元, 顾连兴, 崔炳芳, 肖惠良. 2000. 新疆哈密马庄山金矿成矿流体成因及金沉淀机制的探讨 [J]. 矿床地质, 19(3):193-198
- 陈景河. 1999. 紫金山铜(金)矿床成矿模式 [J]. 黄金, 20(6):6-11
- 侯增谦. 2004. 斑岩 Cu-Mo-Au 矿床: 新认识与新进展 [J]. 地学前缘(中国地质大学, 北京), 11(1):131-140
- 江思宏, 聂凤军. 2001. 甘肃南金山金矿床的⁴⁰Ar-³⁹Ar 同位素年龄及其地质意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 20(4):344-346
- 江思宏, 聂凤军, 张义, 胡朋. 2004. 浅成低温热液型金矿床研究最新进展 [J]. 地学前缘(中国地质大学, 北京), 11(2):401-

411

- 李景春. 1995. 试用齐波夫律进行南金山金矿成矿预测[J]. 贵金属地质, 4(2):147-151
- 刘伟, 潘小菲. 2006. 新疆-甘肃北山金矿南带的成矿流体演化和成矿机制[J]. 岩石学报, 22(1):171-188
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 王新亮, 苏新旭, 李景春, 刘妍, 赵省民. 2002. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京:地质出版社:138-168
- 沈远超, 申萍, 曾庆栋, 刘铁兵, 李光明. 2006. 甘肃北山地区南金山金矿床隐爆角砾岩体的发现及成矿规律研究[J]. 矿床地质, 25(5):572-581
- 王莉娟, 王京彬, 王玉往, 朱和平, 曲丽丽. 2005. 新疆准格尔地区富硫型与贫硫型浅成低温热液金矿床成矿流体与碳、硫、铅同位素[J]. 岩石学报, 21(5):1382-1388
- 肖龙, 王方正, Begg Graham, 付民禄. 2002. 新疆京希-伊尔曼德金矿床矿化类型: 热液蚀变及流体包裹体证据[J]. 矿床地质, 21(1):58-63
- 左国朝, 何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京:北京大学出版社:1-209
- 赵安生, 李景春. 1993. 北山地区南金山金矿床地质特征及其成因探讨[J]. 黄金, 14(6):7-10
- 张江. 2001. 紫金山铜金矿床地质地球化学特征[J]. 地质与勘探, 37(2):17-22
- 张德全, 余宏泉, 李大新, 丰成友. 2003. 紫金山地区的斑岩浅成热液成矿系统[J]. 地质学报, 77(2):253-261

Geological Features of Nanjinshan Gold Deposit and Prediction to Mineralization at Depth in the Beishan Area, Gansu Province

CAO Liang¹, XU Rong-ke², DUAN Qi-fa¹, PENG San-guo¹, SHAN Liang³, ZHANG Yu-lian⁴

- (1. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430223;
2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074;
3. Development Research Center of China Geology Survey, Beijing 100037;
4. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054)

Abstract: The Nanjinshan gold deposit is a typical epithermal deposit in the Beishan area, Gansu Province. As shown on the map of original geochemical reconnaissance of scale 1:200000, there as an abnormal combination of W, Mo and other high-temperature elements in this deposit, significantly different from general epithermal deposits where exists only an abnormal combination of low temperature elements. Under the guidance of the prospecting thought based on series mineralization theory, we have collected geochemical samples of the Nanjinshan gold deposit at different depths, analyzed the characteristics of the ore deposit, alteration and mineralization, and the enrichment of ore-forming elements. We noted that this deposit is a typical high-sulphidation epithermal deposit with high-temperature elements of W, Mo and medium temperature element Cu that increases with depth. By comparing it with the typical geochemical characteristics of copper-gold deposits, high-sulphidation epithermal deposits in other countries and spatial configuration of related copper-gold deposits, this work suggests that the a porphyry copper deposit probably exists at depth in the Nanjinshan gold deposit area.

Key words: Nanjinshan, epithermal deposit, ore-forming elements, prediction of mineralization at depth