

文章编号:0258-7106(2003)02-0191-08

南祁连党河南山北坡两个不同特征的金矿床*

李厚民^{1,2} 王崇礼² 刘志武² 刘继庆²

(1 中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083; 2 长安大学,陕西 西安 710054)

摘要 为深入研究甘肃南祁连党河南山北坡金铜矿床的成矿规律和控矿因素,笔者采用地质地球化学方法首次对区内黑刺沟和贾公台两个金矿床进行了较为系统的研究,发现它们的成矿特征有很大差异:黑刺沟金矿床以富 As, Sb 的微细浸染蚀变岩型金矿化为主,其次为辉锑矿石英脉型金矿化;而贾公台金矿床则以少硫化物石英脉型金矿化和蚀变岩型金矿化为特征, As, Sb 含量不高。研究认为黑刺沟金矿床与矿区石英正长闪长岩类有成因联系,贾公台金矿床与矿区斜长花岗岩有成因联系,不同的岩浆活动造成了金矿化特征的差异。

关键词 地质学 金矿床 石英正长闪长岩 斜长花岗岩 黑刺沟 贾公台 南祁连

中图分类号:618.51

文献标识码:A

南祁连党河南山北坡由于自然条件差,金矿找矿工作进展缓慢。1995~1996年甘肃地勘局物探队通过化探异常查证发现了黑刺沟金矿床、贾公台金矿床及其他金矿点。虽然青海省地质矿产局(1992)及吴功建等(1989)的研究工作涉及到南祁连地区的大地构造背景,张德全等(2001)研究了柴北缘的造山带型金矿,但对南祁连地区矿床的研究工作仍十分薄弱。笔者首次对黑刺沟金矿床和贾公台金矿床进行了较为系统的地质地球化学研究,发现两者的成矿特征有很大差异:黑刺沟金矿床以富 As, Sb 的微细浸染蚀变岩型矿化为主,其次为辉锑矿石英脉型金矿化;而贾公台金矿床则以少硫化物石英脉型金矿化和蚀变岩型金矿化为特征, As, Sb 含量不高。笔者研究认为,造成这种差异的原因是黑刺沟金矿床与石英正长闪长岩岩浆活动有关,而贾公台金矿床则与斜长花岗岩岩浆活动有关。对控矿因素的这一重要认识对建立找矿标志、指导该区地质找矿工作有重要意义。

1 区域地质概况

甘肃南祁连党河南山北坡在大地构造位置上处于祁连加里东褶皱系南祁连冒地槽中(青海省地质矿产局,1992),吴功建(1998)称其为中南祁连地体,

本文称其为南祁连构造带(图1)。

区内地层缺失较多,仅出露震旦纪火山岩、奥陶纪火山-沉积岩、志留纪碎屑岩及石炭-白垩纪碎屑岩建造;岩浆岩较发育,以扎子沟花岗闪长岩体为主,此外有少量石英正长闪长岩及斜长花岗岩类侵入,并伴随有金矿化;构造以NW向断裂为主,并将区内地质体切割成NW向条块格局。

2 黑刺沟金矿床地质地球化学特征

2.1 矿区地质概况

黑刺沟金矿床包括黑刺沟、红石山和金铜坡3个矿段(图2)。

矿区地层为奥陶系粗碎屑岩系,变质达绿片岩相,地层总体走向NW,倾向SW,倾角40~70°。

矿区断裂构造十分发育,大体可分为NW向、NE向和近SN向3组,均为控矿断裂,其中以NW向断裂规模较大,多为挤压顺层构造破碎带,为矿区主要控矿断裂;NE向断裂较次要,近SN向断裂主要见于金铜坡一带,倾向东,控制了金锑石英脉。

矿区岩浆岩以浅成-超浅成的石英正长闪长岩系为主,由辉石正长闪长岩-石英正长闪长岩-花岗闪长岩组成,呈岩株状、岩脉(或岩枝)状产出。区域上该类岩浆岩呈NW向带状零星出露,矿区可见该类

* 本文得到原地质矿产部定向科研项目(98-16)资助

第一作者简介 李厚民,男,1962年生,副教授,中国地质大学(北京)地球科学与资源学院在站博士后,从事矿床学教学及科研工作。

收稿日期 2001-08-22; 改回日期 2002-12-23。李岩编辑。

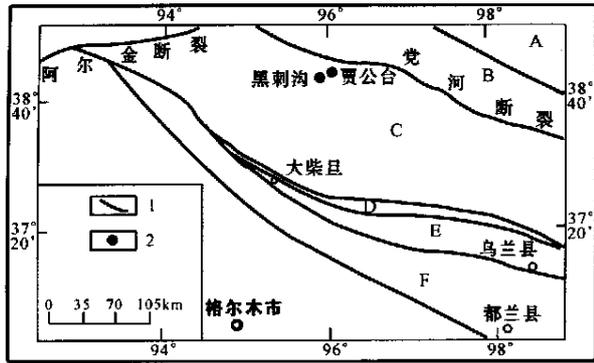


图1 南祁连及邻区构造分区及黑刺沟和贾公台金矿床的产出位置[据张德全等(2001)修编]
 1—断裂;2—金矿床。构造分区:A—北祁连;B—中祁连;
 C—南祁连;D—宗务隆山-青海南山;E—欧龙布鲁克;F—柴北缘
 Fig. 1 Sketch geological map showing tectonic settings and locations of the Heicigou and the Jiagongtai gold deposits in South Qilian Mountains (Modified from Zhang et al., 2001)
 1—Fault; 2—Gold deposits. Tectonic Unit: A—North Qilian;
 B—Central Qilian; C—South Qilian; D—Zongwulongshan-Qihainanshan; E—Oulongbuluke; F—North Qaidam

岩体产于构造岩浆带中的NW向顺层构造破碎带及NE向次级断裂带中。

2.2 矿化类型及特征

金矿化多发育于石英正长闪长岩体接触带及其附近的断裂破碎带中,以蚀变构造岩型金矿化为主,主要见于黑刺沟矿段;石英脉型金矿化较次要,主要见于红石山及金铜坡矿段。黑刺沟矿段矿化带宽50~70m,长1680m,产状 $215^{\circ} \angle 80^{\circ}$,为由破碎的砂砾岩组成的顺层构造破碎带,带内蚀变强烈,主要为碳酸盐化、硅化、绢云母化以及毒砂化、黄铁矿化。主矿体(1号矿体)长大于1260m,厚30m,金储量16t左右,但品位较低, w_{Au} 为 3.68×10^{-6} 。矿化呈浸染状,局部呈石英细网脉,分带不明显,但矿体顶板金含量出现负异常带,表明地层提供了部分成矿物质(图3)。

红石山矿段有多条矿化带,主要呈NE向,最长400m左右,宽一般小于10m,带中除发育石英脉外,其余蚀变矿化与黑刺沟矿段类似。金铜坡金矿段矿化带主要呈近NS向,其次为NE向,矿化带

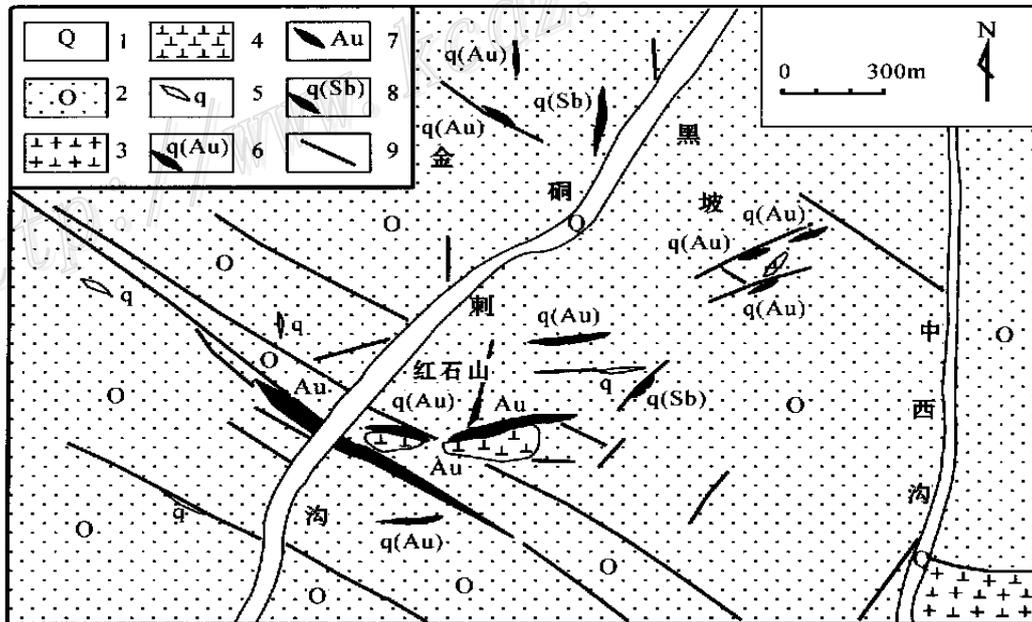


图2 黑刺沟金矿区地质图(据甘肃物探队资料修编)
 1—第四系;2—奥陶纪砂岩;3—花岗闪长岩;4—闪长岩;5—石英脉;6—含金石英脉;7—金矿体;8—含金锑石英脉;9—断裂
 Fig. 2 Geological map of the Heicigou gold deposit
 1—Quaternary; 2—Ordovician sandstone; 3—Granodiorite; 4—Diorite; 5—Quartz vein; 6—Au-bearing quartz vein; 7—Gold orebody;
 8—Au, Sb-bearing quartz vein; 9—Fault

● 甘肃省地勘局物探队. 1996. 甘肃省肃北蒙古族自治县黑刺沟金矿和贾公台金矿普查报告.

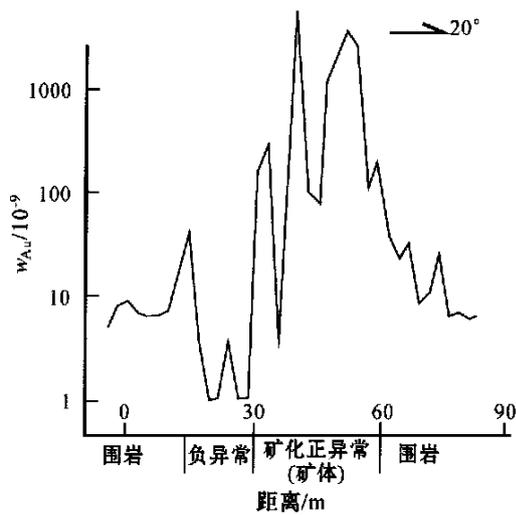


图 3 黑刺沟矿段 1 号矿体金含量曲线^①

Fig. 3 Au composition of No.1 gold orebodies in the Heicigou gold deposit

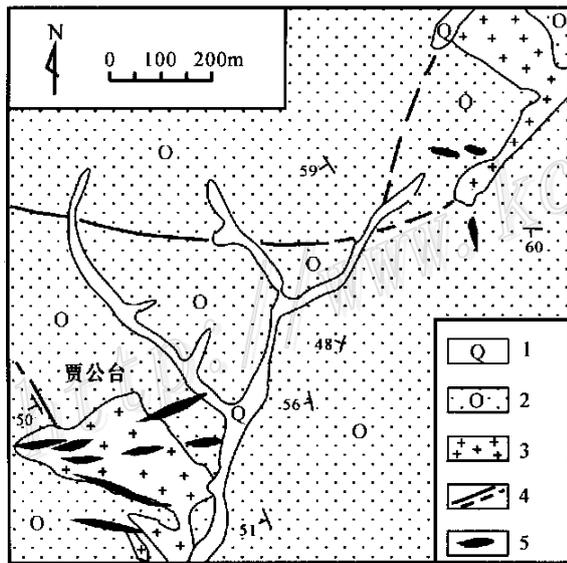


图 4 贾公台金矿区地质图(据甘肃物探队资料修编)
1—第四系;2—奥陶纪砂岩;3—花岗岩;4—断裂及推测断裂;
5—金矿体

Fig. 4 Geological map of the Jiagongtai gold deposit
(Modified from Gansu Party of Geophysical Exploration)

1—Quaternary; 2—Ordovician sandstone; 3—Granite;
4—Measured and inferred faults; 5—Gold orebody

最长 500 m,宽 10 m 左右,带中除发育含辉锑矿的金矿化石英脉外,其余蚀变矿化与黑刺沟、红石山矿段类似。金铜坡含锑金石英脉长数米,宽 20 cm 左右,规模小,但品位较高, w_{Au} 可达 65.5×10^{-6} ^②,辉锑矿呈团块状、块状。

2.3 矿石特征及元素组合

黑刺沟蚀变构造岩型金矿石中金属矿物含量 (φ_B) 一般小于 5%,以细小尘点状、信封状细晶毒砂为主,粒径小于 0.001 mm,浸染状分布;辉锑矿少量,自然金罕见,推测其以微细状态存在。脉石矿物以石英为主,其次为绢云母、方解石及铁碳酸盐。矿石 w_{Au} 平均 3.68×10^{-6} ,最高 15.9×10^{-6} ^②,典型金属矿物组合为毒砂 + 黄铁矿(±辉锑矿),典型元素组合为 Au + As ± Sb。

脉型石英辉锑矿金矿石中金属矿物含量变化大,种类也较多,但矿石均以含辉锑矿为特征,脉石矿物以石英为主,其次为铁碳酸盐。矿物粒径较大,金属硫化物在脉中呈团块状、网脉状。该类矿石含 Au, Sb 均很高 (w_{Au} 可达 65.5×10^{-6} ^②), Ag, Mo, Cu, Pb, Zn, Bi 也很高,典型矿物为辉锑矿。

3 贾公台金矿床地质地球化学特征

3.1 矿区地质概况

贾公台金矿区(图 4)位于黑刺沟金矿区 NE60° 约 3 km 处。矿区地层以奥陶系碎屑岩系为主,走向主要为 NW 向;断裂主要有两组,以 NW 向顺层断裂为主,其次为 NE 向断裂,它们控制了岩体的形态,也控制了矿体的展布;矿区发育两个斜长花岗岩岩株,主要由斜长花岗岩、斜长花岗斑岩组成,其次为花岗岩脉、伟晶岩脉及石英闪长岩脉等,岩浆序列为斜长花岗岩-斜长花岗斑岩-花岗岩、伟晶岩(脉),岩体内发育闪长质包体。

3.2 矿化类型及特征

金矿化主要分布于斜长花岗岩的内、外接触带上,表明金矿化与岩体有密切的成因联系。目前发现的矿体主要集中于岩体的南西接触带附近。

矿区有蚀变岩型和石英脉型两种类型的金矿

① 王崇礼,李厚民,刘继庆,等. 2000. 甘肃南祁连党河南山北坡金铜矿产成矿规律、控矿因素研究及找矿靶区优选. 地科定 98-16 项目研究报告.

② 甘肃省地勘局物探队. 1996. 甘肃省肃北蒙古族自治县黑刺沟金矿和贾公台金矿普查报告.

化。蚀变岩型金矿化以发育于岩体外接触带及围岩捕虏体中为主,其次为内接触带及岩枝内。外接触带围岩中的蚀变岩型金矿化多发育于砂岩等碎屑岩的构造片理化带中。构造片理化带一般宽数米,带中常见石英细脉带或网脉,碎裂及蚀变均较弱,为褐铁矿(黄铁矿)化、绢云母化、硅化、绿泥石化、绿帘石化等,局部有角岩化,成矿末期有碳酸盐细网脉,蚀变分带不明显。金平均品位(w_{Au}) 1.59×10^{-6} ,最高 11.3×10^{-6} ;另外,较粗大石英脉旁围岩也有蚀变及矿化, w_{Au} 平均 0.387×10^{-6} ,最高 1.67×10^{-6} 。

岩体中的蚀变岩型金矿化产于岩体中的破碎带和岩浆晚期岩相,如花岗岩、斜长花岗斑岩、伟晶岩脉发育处,金矿化伴随着明显的钾长石化、黄铁矿化、褐铁矿化等, w_{Au} 平均 1.195×10^{-6} ,最高 4.3×10^{-6} 。

矿区石英脉型金矿化较发育,品位高, w_{Au} 平均 42.3×10^{-6} ,最高 365×10^{-6} ,明金多,易采选,是矿山目前开采的主要对象。含金石英脉以走向NW者最发育,单脉宽一般40~50cm,倾向NNE者矿化好,倾向SSW者矿化差;走向NNW及NE者较少,单脉宽一般5~20cm,倾向SWW及NW者为主,矿化较差,多数仅有矿化显示。含金石英脉多分布于外接触带碎屑岩中,并切穿围岩片理,以石英单脉为主,见分枝复合现象;内接触带中石英脉也较发育,但含矿性差。

3.3 矿石特征及元素组合

(1) 蚀变碎屑岩型金矿石:含矿岩石为蚀变片理化砂岩,蚀变强者金品位高。金属矿物以黄铁矿、褐铁矿为主,呈浸染状分布。其他金属矿物及明金少见,黄铁矿含量(φ_B) $< 5\%$,蚀变非金属矿物以石英、绢云母、绿泥石为主,典型金属矿物组合为黄铁矿+石英+绢云母,典型元素组合为Au-Mo。

(2) 蚀变花岗岩型金矿石:金属矿物以浸染状黄铁矿、褐铁矿为主,含量(φ_B) $< 5\%$,明金少见;蚀变非金属矿物以石英、绢云母、钾长石为主,其次为绿泥石、绿帘石。典型矿物组合为黄铁矿+石英+钾长石,典型元素组合为Au-Mo。

(3) 石英脉型金矿石:为少硫化物型金矿石。石英含量(φ_B) $> 95\%$,有时可见少量方铅矿及褐铁矿化黄铁矿,矿化晚期有少量碳酸盐细脉网脉。明

金多,以裂隙金的形式分布于石英脉中。典型矿物组合为石英+方铅矿,典型元素组合为Au-Mo-Pb。

4 黑刺沟金矿床与贾公台金矿床的对比

黑刺沟金矿床与贾公台金矿床有许多相似之处:①均与岩浆岩有密切的成因联系,产于岩体接触带及其附近;②围岩地层均为奥陶纪碎屑岩;③控矿构造主要为NW向构造带;④矿化类型有石英脉型及蚀变岩型两种等。但是,两矿区出露的岩浆岩、围岩蚀变、矿化特点及典型矿物组合、元素组合等明显不同(表1、2)。笔者认为两矿床矿化特征的上述差异可能主要是由控矿岩浆岩条件的不同造成的。

4.1 矿区岩浆岩与金矿化的关系

黑刺沟金矿床矿体多分布于石英正长闪长岩体接触带上及其附近,岩体中金含量高(w_{Au} 平均 74.75×10^{-9}),As、Sb含量也较高(表2),硫同位素组成接近陨石硫(表3),这些均表明黑刺沟矿区金矿化可能与岩浆岩即矿区的石英正长闪长岩有密切的成因联系。

贾公台金矿床矿体也多分布于岩体接触带及其附近,岩体中金含量较高(w_{Au} 平均 41.4×10^{-9}),Mo含量也较高,但As、Sb含量较低(表2),石英脉和斜长花岗岩的铅同位素组成及模式年龄也较一致(表4),可能表明该矿区金矿化与斜长花岗岩有密切的成因关系。

4.2 黑刺沟和贾公台金矿区岩浆岩特征对比

黑刺沟金矿区的中基性岩体呈岩株或岩脉产于下奥陶统碎屑岩系中,为偏碱的基性-中性-中酸性系列岩浆岩,由暗色闪长岩-辉长岩、闪长岩-石英二长闪长岩、石英二长闪长岩组成,岩石化学组成(w_B)为SiO₂ 51.34%~62.6%,TiO₂ 0.4%~1.1%,Al₂O₃ 13.56%~17.05%,Fe₂O₃ 2.55%~4.39%,FeO 1.9%~5.84%,MnO 0.09%~0.21%,MgO 1.67%~5.86%,CaO 3.18%~7.19%,Na₂O 3.91%~6.1%,K₂O 2.97%~4.64%^①,岩石主要为中细粒-细粒辉长辉绿结构、斑状结构、半自形粒状结构、不等粒半自形粒状结构等,块状构造。贾公台金矿区岩体也侵位于下奥陶统碎屑岩中,为小岩株,岩性单一,分布均匀,为中粗粒斜长花岗岩, SiO₂

① 王崇礼,李厚民,刘继庆,等. 2000. 甘肃南祁连党河南山北坡金铜矿产生成矿规律、控矿因素研究及找矿靶区优选. 地科定98-16项目研究报告.

表 1 黑刺沟金矿床与贾公台金矿床地质特征对比

Table 1 Comparison of geological features between the Heicigou and the Jiagongtai gold deposits

| 地质特征 | 黑刺沟金矿床 | 贾公台金矿床 |
|--------|---|------------------------------------|
| 成矿岩体 | 石英正长闪长岩类 | 斜长花岗岩类 |
| 矿化产出部位 | 岩体外接触带、构造破碎带 | 岩体内、外接触带 |
| 控矿构造 | NW 向顺层破碎带为主, NE 向次之, 近 SN 向者少 | NW 向切层破碎带为主, NE 向次之 |
| 矿化类型 | 微细浸染蚀变岩型为主, 石英脉型次之 | 石英脉型为主, 蚀变岩型次之 |
| 成矿物质来源 | 岩浆岩、地层 | 岩浆岩 |
| 矿化分带 | 较明显, 自岩体向外: 石英脉型多金属-金; 蚀变岩型金; 蚀变岩型、石英脉型金铋 | 不明显 |
| 围岩蚀变 | 强。硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂化、辉锑矿化、碳酸盐化 | 弱。硅化、钾长石化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化 |
| 典型矿物组合 | 黄铁矿、毒砂、辉锑矿、(自然金)、石英 | 黄铁矿、(方铅矿)、自然金、石英、钾长石 |
| 典型元素组合 | Au-As-Sb | Au(-Pb-Mo) |

表 2 黑刺沟金矿床与贾公台金矿床微量元素含量 ($\mu\text{g}/10^{-6}$)

Table 2 Composition of trace elements between the Heicigou and the Jiagongtai gold deposits ($\mu\text{g}/10^{-6}$)

| 元素 | 黑刺沟金矿床 | | | 贾公台金矿床 | | |
|-----|------------|-----------|-------------|------------|------------|----------|
| | 蚀变岩型矿石(17) | 石英脉型矿石(9) | 石英正长闪长岩(10) | 蚀变岩型矿石(15) | 石英脉型矿石(16) | 斜长花岗岩(2) |
| Ag | 0.6 | > 5 | 0.94 | 0.33 | 3.06 | 0.37 |
| Mo | 2.44 | 11.22 | 1.16 | 13.7 | > 20 | 8.8 |
| Cu | 32 | 1758 | 48 | 48.47 | 107 | 84 |
| Pb | 52 | 1403 | 63 | 30 | 946 | 16 |
| Zn | 38 | 897 | 71.4 | 53 | 25 | 51 |
| As | > 400 | > 400 | 53 | 6.1 | 11.21 | 6.15 |
| Sb | 43.2 | 38.6 | 18.5 | 1.5 | 2.66 | 6.96 |
| Bi | 0.91 | 38.62 | 0.88 | 0.74 | 10.88 | 0.96 |
| Hg* | 23 | 136 | 11 | 22 | 27 | 25 |
| Au* | 1398 | 1840 | 74.75 | 387 | 3535 | 414 |

测试单位:原西安地质学院中心实验室,其中 Au 为化学光谱法,Cu,Pb,Zn 为原子吸收法,As,Sb 为极谱法,Hg,Bi,Ag,Mo 为原子荧光法。
* 单位为 10^{-9} 。括号内为样品数。

表 3 黑刺沟金矿床硫同位素组成

Table 3 S isotopic composition of the Heicigou gold deposit

| 样号 | 矿物 | $\delta^{34}\text{S}/\%$ | $\sigma/\%$ |
|-------|-----|--------------------------|-------------|
| DB478 | 黄铁矿 | 2.4 | 0.02 |
| DB479 | 黄铁矿 | 4.8 | 0.01 |
| DB306 | 辉锑矿 | - 1.1 | 0.03 |
| DB50 | 辉锑矿 | - 1.1 | 0.01 |
| DB112 | 方铅矿 | - 3.8 | 0.01 |

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所;测试仪器:MAT251 质谱仪;测试人:张福松等。

62.9% ~ 64.64%, TiO_2 0.1% ~ 0.76%, Al_2O_3 13.94% ~ 17.33%, Fe_2O_3 2.39% ~ 3.55%, FeO 1.75% ~ 2.60%, MnO 0.08% ~ 0.1%, MgO 1.25% ~ 2%, CaO 3.57% ~ 4.05%, Na_2O 4.1% ~ 5.33%, K_2O 1.4% ~ 2.05%, 似斑状多斑结构、半自

形粒状结构和粗粒他形粒状结构,块状构造。

稀土元素组成特征(表 5)表明,虽然两矿区岩浆岩均为轻稀土富集且富集程度类似,但其差异十分明显,黑刺沟岩浆岩稀土总量高,有弱的铈负异常,而贾公台矿区岩浆岩的稀土总量要低得多且为弱的铈正异常。

两矿区微量元素对比可见(表 6),除 Co, Ni, Cu, Zn, Sn, Hf, Ta 的含量变化不明显外,黑刺沟矿区岩浆岩大多数微量元素的含量较贾公台矿区岩浆岩系统偏高。另由表 2 可见,黑刺沟石英正长闪长岩中成矿元素 As 较贾公台斜长花岗岩高一个数量级, Mo 低出近一个数量级, Sb 高出近 3 倍。

上述对比表明:两矿区的岩浆岩有明显的差异,差异的原因可能是其形成环境及成因的不同,贾公台斜长花岗岩形成于火山弧环境,而黑刺沟石英正

表4 贾公台石英脉及花岗岩铅同位素组成

Table 4 Pb isotopic composition of quartz veins and granite in the Jiagongtai gold deposit

| 样号 | 样品 | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | 模式年龄/ Ma |
|-------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|
| DB491 | 斜长花岗岩 | 18.222 | 15.632 | 38.274 | 310 |
| DB492 | 斜长花岗岩 | 18.311 | 15.667 | 38.412 | 310 |
| DBI00 | 石英脉 | 18.044 | 15.588 | 38.107 | 310 |
| DBI01 | 石英脉 | 17.963 | 15.601 | 38.107 | 485 |

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所;测试仪器:MAT262质谱仪;测试人:许荣华等。模式年龄为采用 Doe 参数计算而得。

表5 黑刺沟及贾公台金矿区岩浆岩的稀土元素特征参数值

Table 5 REE characteristic parameters of plutonic rocks in the Jiagongtai and the Heicigou gold deposits

| 矿床 | $(\text{La}/\text{Yb})_N$ | | $(\text{La}/\text{Lu})_N$ | | $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ | | $\Sigma\text{REE}/10^{-6}$ | | δEu | |
|-----|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------|------|
| | 范围 | 平均 | 范围 | 平均 | 范围 | 平均 | 范围 | 平均 | 范围 | 平均 |
| 黑刺沟 | 20.2 ~ 34.8 | 25.9 | 20.6 ~ 33.9 | 27.6 | 15.6 ~ 23.1 | 19.2 | 243.05 ~ 845.65 | 443.15 | 0.62 ~ 0.9 | 0.79 |
| 贾公台 | 18.8 ~ 38.3 | 25.2 | 15.2 ~ 29.0 | 23.6 | 13.1 ~ 28.5 | 18.9 | 63.16 ~ 99.7 | 77.69 | 1.08 ~ 1.63 | 1.30 |

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所;测试仪器:ICP-MS;测试人:阎欣。

表6 黑刺沟和贾公台金矿区岩浆岩微量元素含量 ($\mu\text{g}/10^{-6}$)Table 6 Trace element composition of plutonic rocks in the Heicigou and the Jiagongtai gold deposits ($\mu\text{g}/10^{-6}$)

| 元素 | 黑刺沟金矿区岩浆岩 | | | | | | 贾公台金矿区岩浆岩 | | | | | |
|----|-----------|------|------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | DB63 | DB64 | DB65 | DB323 | DB329 | DB480 | DBI23 | DBI31 | DBI35 | DBI40 | DB492 | DB491 |
| Cr | 37.1 | 168 | 60.6 | 50.1 | 52.8 | 47.5 | 12.2 | 13.7 | 25.7 | 26.8 | 20.8 | 19.5 |
| Co | 9.64 | 21.8 | 17 | 22.4 | 13.2 | 7.71 | 7.48 | 8.27 | 16.0 | 8.05 | 10.4 | 8.54 |
| Ni | 15.3 | 134 | 26.9 | 27.1 | 19.3 | 14.9 | 7.52 | 8.08 | 14.5 | 14 | 8.55 | 9.14 |
| Cu | 11 | 33.6 | 91.8 | 26 | 53.6 | 7.24 | 366 | 34.4 | 35.7 | 13.6 | 30.0 | 22.1 |
| Zn | 58.7 | 88.1 | 75.4 | 86.7 | 51.7 | 23.1 | 46.8 | 58.5 | 98.5 | 25.1 | 66.2 | 58.3 |
| Rb | 98.8 | 132 | 148 | 106 | 126 | 117 | 52 | 35.3 | 68.5 | 74 | 34.1 | 35.8 |
| Sr | 1491 | 1373 | 938 | 1219 | 1101 | 1109 | 764 | 742 | 847 | 316 | 585 | 556 |
| Y | 19.7 | 21.7 | 45.5 | 26.9 | 20.8 | 14.9 | 4.1 | 5.03 | 8.49 | 8.53 | 5.18 | 4.62 |
| Zr | 83.5 | 101 | 208 | 123 | 67.5 | 68.9 | 55.7 | 65 | 84.1 | 55.9 | 74.4 | 53.5 |
| Nb | 11.7 | 12.4 | 30.9 | 15.3 | 12.1 | 10.2 | 3.87 | 3.84 | 8.22 | 5.37 | 3.25 | 3.71 |
| Sn | 1.68 | 2.02 | 3.23 | 2.72 | 2.46 | 1.53 | 1.37 | 1.06 | 1.75 | 0.88 | 0.87 | 1.83 |
| Cs | 3.57 | 3.56 | 2.58 | 7.81 | 4.75 | 2.55 | 0.81 | 1.08 | 1.32 | 1.92 | 1.8 | 2.16 |
| Ba | 3582 | 4487 | 2991 | 1284 | 1933 | 1854 | 747 | 954 | 1476 | 733 | 787 | 736 |
| Hf | 2.74 | 3.34 | 5.43 | 3.5 | 2.43 | 2.27 | 2.35 | 2.59 | 2.9 | 2.42 | 2.94 | 2.2 |
| Ta | 0.56 | 0.32 | 1.63 | 0.97 | 0.79 | 0.68 | 0.22 | 0.27 | 0.34 | 0.53 | 0.27 | 0.23 |
| Pb | 76.1 | 66.1 | 60.9 | 48 | 96.4 | 34.3 | 28.6 | 22.1 | 26.0 | 31.6 | 17.2 | 21 |
| Bi | 0.34 | 0.62 | 1.42 | 0.44 | 0.29 | 0.11 | 0.42 | 0.11 | 0.19 | 0.19 | 0.13 | 0.18 |
| Th | 32.3 | 43.5 | 53.1 | 29.2 | 38.8 | 35.2 | 5.04 | 6.2 | 6.7 | 27.6 | 5.14 | 5.21 |
| U | 8.16 | 6.46 | 8.94 | 5.14 | 4.65 | 4.44 | 1.06 | 1.03 | 1.64 | 5.83 | 1.03 | 1.08 |

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所;测试仪器:ICP-MS;测试人:阎欣。

长闪长岩则形成于火山弧向板内环境的过渡部位(图5),岩体地质特征、岩石化学、微量元素、稀土元素特征表明前者为地壳部分熔融产物,而后者除地壳部分熔融外,可能有地幔组分的加入。由于岩浆活动的不同,造成了两矿床矿化特征的差异。此外,黑刺沟金矿区围岩提供部分成矿物质(图3)可能也

是造成两矿床成矿特征差异的原因之一。

5 结论

黑刺沟金矿床和贾公台金矿床的典型矿物组合、元素组合及围岩蚀变等成矿特征存在很大差异:

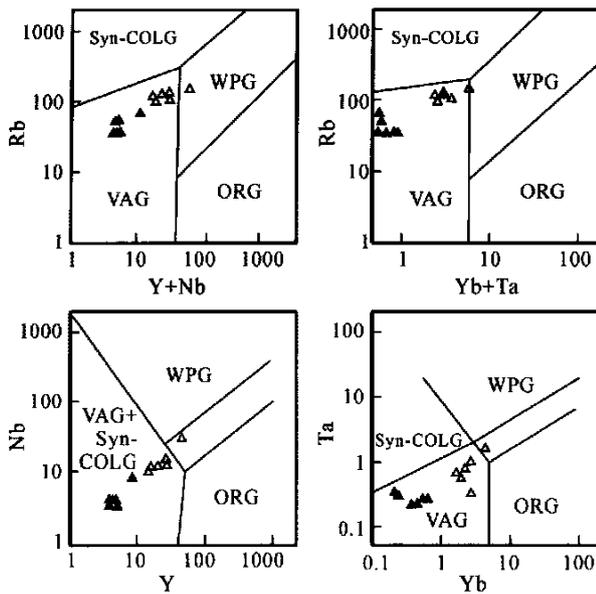


图 5 黑刺沟石英正长闪长岩与贾公台斜长花岗岩的微量元素判别图解(据 Pearce, 1984)

空心三角为黑刺沟石英正长闪长岩,实心三角为贾公台斜长花岗岩。Syn-COLG—同碰撞花岗岩;WPG—板内花岗岩;VAG—火山弧花岗岩;ORG—洋脊花岗岩

Fig.5 Pearce diagram of trace elements in plutonic rocks from the Heicougu and the Jiagongtai gold deposits (after Pearce, 1984)

White triangles indicate Heicougu plutonic rocks, whereas black triangles indicate Jiagongtai plutonic rocks. Syn-COLG—Syn-collision granite; WPG—Intraplate granite; VAG—Volcanic arc granite; ORG—Oceanic ridge granite

前者以富 As, Sb 的微细浸染蚀变岩型矿化为主,其次为辉锑矿石英脉型金矿化,典型矿物组合为黄铁矿+毒砂(+辉锑矿)+石英;而后者以少硫化物石英脉型金矿化和蚀变岩型金矿化为特征,As, Sb 含量不高,典型矿物组合为黄铁矿+自然金(+方铅矿)+石英+钾长石。地质地球化学研究表明这两个金矿床均与岩浆活动有着密切的成因联系,但两矿区的岩浆活动特点明显不同:黑刺沟金矿区出露石英正长闪长岩,而贾公台金矿区出露斜长花岗岩,

它们的岩石学、岩石化学、微量元素及稀土元素特征有明显差异,表明其成因有差异。这种岩浆活动特点的不同可能是造成两矿区金成矿特征差异的主要原因。对成矿规律和控矿因素的这一认识对建立找矿标志、指导该区金矿找矿工作有重要意义。

致谢 本文是甘肃南祁连党河南山北坡金矿科研工作的部分成果,孙继东、赵虹等同志参加了科研工作。甘肃物探队芦青山高级工程师等同志提供了大量的资料。成文过程中得到毛景文教授的热心指导。在此一并表示感谢。

References

Pearce J A. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. *J. Petrol.*, 25: 956 ~ 983.

Qinghai Geological and Mineral Resource Bureau. 1992. Encyclopedia of the geology of Qinghai Province[M]. Beijing: Geol. Pub. House(in Chinese with English summary).

Wu G J. 1989. The geological profile of Yadong-Gelmu in Qingzang Plateau[J]. *Acta Geologica Sinica*, 62(4): 285 ~ 294(in Chinese with English abstract).

Zhang D Q, Xu H L and Sun G Z. 1995. Emplacement ages of the Denggezhuang gold deposit and the Kunyushan granite and their geological implications[J]. *Geol. Rev.*, 41(5): 415 ~ 425 (in Chinese with English abstract).

Zhang D Q, Feng C Y, Li D X, et al. 2001. Orogenic gold deposits in the north Qaidam and East Kunlun orogen, west china[J]. *Mineral Deposits*, 20(2): 137 ~ 146(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

青海省地质矿产局. 1992. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.

吴功建, 等. 1989. 青藏高原亚东—格尔木地学断面[J]. *地质学报*, 62(4): 285 ~ 294.

张德全, 徐洪林, 孙桂英. 1995. 山东邓格庄金矿与昆崙山花岗岩的定位时代及其地质意义[J]. *地质论评*, 41(5): 415 ~ 425.

张德全, 丰成友, 李大新, 等. 2001. 柴北缘—东昆仑地区的造山带型金矿床[J]. *矿床地质*, 20(2): 137 ~ 146.

Two Different Kinds of Gold Deposits on Northern Slope of Danghenanshan Area in South Qilian Mountains

Li Houmin^{1,2}, Wang Chongli², Liu Zhiwu² and Liu Jiqing²

(1 Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2 Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract

In order to study the metallogenic regularity and gold and copper ore-control factors on the northern slope of Danghenanshan area in South Qilian Mountains, the authors made a systematical geological and geochemical studies on the Heicigou and the Jiagongtai gold deposits in this area. It is thus concluded that the metallogenic characteristics of the two deposits are different. The Heicigou gold deposit is characterized by fine disseminated gold mineralization rich in As and Sb together with some Au-bearing stibnite quartz veins, whereas the Jiagongtai gold deposit by As-, Sb-poor Au-bearing quartz veins and altered rocks. This difference may be related to the different magmatic activities. The authors hold that the Heicigou gold deposit and the Jiagongtai gold deposit are related to quartz syenodiorite and plagiogranite respectively, and that different magmatic intrusions result in different gold mineralization.

Key words: geology, gold deposits, quartz syenodiorite, plagiogranite, Heicigou, Jiagongtai, South Qilian Mountains

<http://www.kcdz.ac.cn/>