文章编号: 1009-6248(2005)01-0055-09

甘肃鹰嘴山金矿床地质地球化学研究

杨建国, 任有祥, 李智佩, 宋忠宝

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘 要: 鹰嘴山金矿床产于北祁连山与阿尔金南缘断裂的交汇部位, 与超镁铁岩在空间上有密切的关系。通过对该矿床地质特征研究, 确定了该矿床的产出地质背景和矿化特征, 并根据地质、稀土元素、稳定同位素以及流体包裹体等进行了成矿物质来源分析, 认为矿床成矿物质主要源自超镁铁岩, 其成因类型为低温超基性蚀变岩型金矿床, 是北祁连山地区又一重要类型的金矿床。

关键词: 超镁铁岩; 成矿物质来源; 蚀变岩型金矿床; 北祁连山; 甘肃

中图分类号: P618.51 **文献标识码**: A

鹰嘴山金矿床是继寒山金矿床之后于北祁连山西段发现的又一中型岩金矿床。它位于寒山金矿床西南约 15 km 处的鹰嘴山东段北侧. 自甘肃省酒泉地质矿产调查队 1996 年发现以来, 经过数年槽探工程和钻探工程评价, 初步求得 C + D 级金储量 11.5t①。

1 成矿地质背景

1.1 区域地质概况

鹰嘴山金矿床位于甘肃省肃北县境内, 大地构造位置属北祁连早古生代造山带西段之西部, 产于以疏勒河五道沟蓝闪石片岩为标志的俯冲杂岩带西端[1], 就位于NEE 向古阿尔金区域超壳断裂南侧的次级断裂中 (图 1)。

区域出露地层有: 零星分布于阿尔金断裂北侧的前震旦纪深变质岩系, 广布于该断裂以南弱变质的早古生代中基性海相火山-沉积岩系, 以及沿其分布的未变质的石炭纪—二叠纪陆相碳酸盐岩-碎屑岩系。

区域侵入岩极发育, 沿北东东向阿尔金断裂、北西向区域断裂及古火山构造侵入, 岩石类型计有超镁铁岩、辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、黑云母花岗岩、英安斑岩、石英钠长斑岩等, 呈岩株、岩枝、岩脉及不规则状产出。前人对该区侵入岩做了不少锆石U-Pb 测年, 其侵位年龄介于 485.9～320.40Ma[2,3], 属加里东—华里西期产物。

1.2 矿区地质

1.2.1 金矿体产出部位

矿区位于以疏勒河五道沟蓝闪片岩为代表的早古生代俯冲杂岩带西延鹰嘴山一带, 赋矿地层为中寒武统格尔莫沟群黑刺沟组弱—无变质变形的混杂岩, 由粉砂质板岩、凝灰岩、安山质火山角砾岩、安山岩夹硅质岩与结晶灰岩透镜体组成。其中, 夹杂有脉状或透镜状超镁铁质岩块, 鹰嘴山金矿床的主工业矿体产于脉状超镁铁岩块中, 尤其是其与凝灰岩或粉砂质 (泥质) 板岩接触带部位 (图 2)。

1.2.2 构造对超镁铁岩与矿化的控制作用

在北祁连山西端, 由NEE 向古阿尔金断裂与NWW 向区域断裂构成的"入"字型构造成为区域主

收稿日期: 2004-03-08; **修回日期**: 2004-12-25

基金项目: 原地质矿产部资源与环境科技攻关项目 (课题编号: 95-2-004)

作者简介: 杨建国 (1962-), 男, 陕西乾县人, 研究员, 主要从事金属矿床地质地球化学和成矿预测研究工作。

① 甘肃地勘局酒泉地质矿产调查队. 甘肃省肃北县鹰嘴山金矿区普查总结. 1997.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

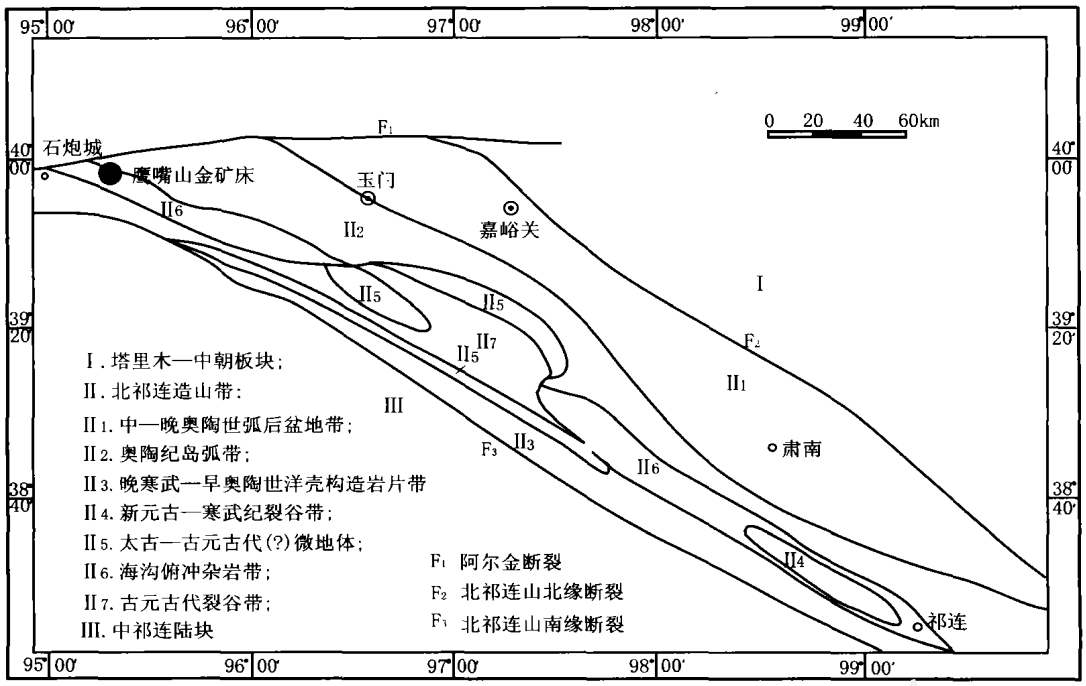


图 1 北祁连山西段地质构造略图

(底图据夏林圻等, 1999)

Fig. 1 Geologic setting of the west of North Qilian

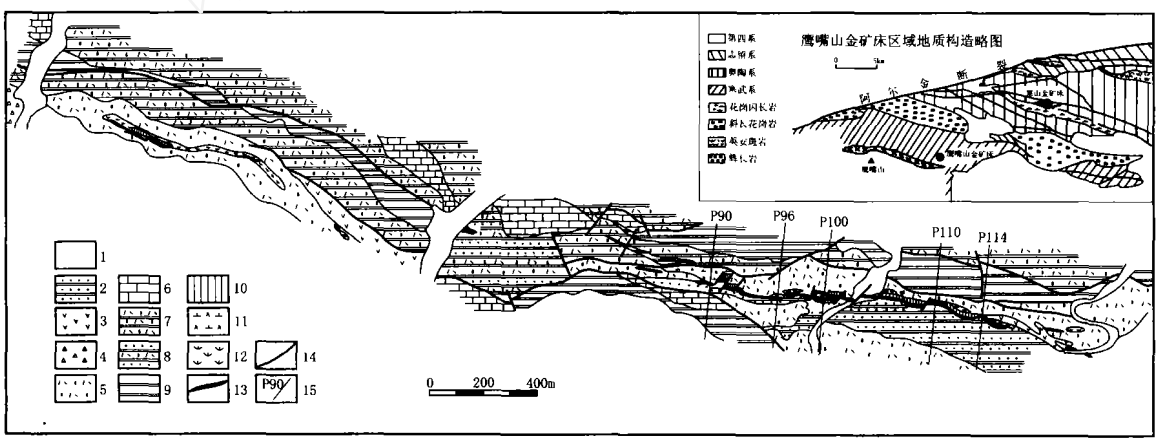


图 2 鹰嘴山金矿床矿区地质图

(据酒泉地质调查队 1997 年资料修编)

Fig. 2 Geological map of Yingzuishan gold deposit

1. 第四系; 2. 粉砂质板岩; 3. 安山岩; 4. 火山角砾岩; 5. 凝灰岩; 6. 灰岩; 7. 凝灰质板岩; 8. 粉砂质凝灰质板岩; 9. 硅质岩; 10. 硅化超镁铁岩; 11. 闪长玢岩; 12. 蛇纹岩; 13. 金矿体; 14. 断裂; 15. 勘探线位置及编号

要构造格架, 表现为多期性与复杂性。早奥陶世, 随着北祁连洋向北东方向华北大陆板块俯冲, 寒武纪末—早奥陶世洋壳残片发生变质变形并逆冲于北祁连岛弧火山岩之上, 变质超镁铁岩沿NW 向断裂侵位, 并发生自变质形成初始矿源岩。志留纪末碰撞造山阶段, 沿上述两组断裂发生大规模中酸性岩浆

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

活动, 岩浆活动晚期分异的热流体使得矿源岩进一步蚀变和矿质富集, 最终导致矿床形成。在矿区, NWW 向区域断裂长数千米至十余千米, 走向 270°～290°, 倾角 50～80°。沿断裂断续产有岩墙状、脉状、透镜状、串珠状蚀变超镁铁岩 (块) 及闪长 (玢) 岩脉。其中, 前者是矿床的直接容矿岩石, 岩石蚀变强烈, 大多数蚀变成蛇纹岩、滑石菱镁 (片) 岩, 局部形成碳酸盐化热液硅化岩及石英碳酸盐岩等强蚀变交代岩, 与金矿化密切相关; 后者蚀变较弱, 未见金矿化, 但其与矿 (化) 体空间关系密切。

2　矿床地质

2.1　矿体

鹰嘴山金矿床的矿体是强硅化、碳酸盐化蚀变超镁铁岩, 岩性为石英碳酸盐岩及隐晶质热液硅化岩。截至目前, 共圈定 12 个金矿体。其中, 达工业要求的矿体有 5 个, 均毫无例外地产于超镁铁质岩脉两侧的内接触带 (图 2, 3), 与顶、底板粉砂质板

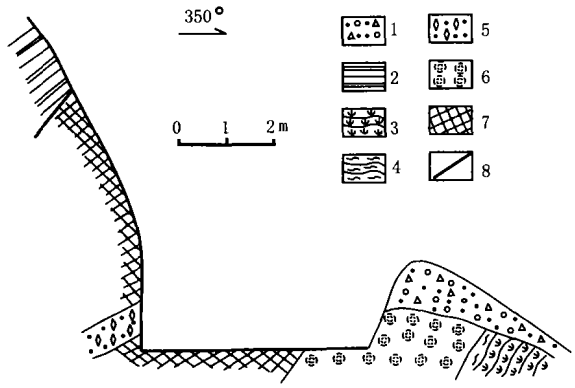


图 3　鹰嘴山金矿床 108 线采坑实测剖面图

Fig. 3　Measured profile of prospecting line108 delve of Yingzuishan gold deposit

1. 第四系残坡积物; 2. 泥质板岩; 3. 蛇纹石片岩; 4. 碳酸盐化滑石片岩; 5. 石英碳酸盐岩; 6. 灰白色次生石英岩; 7. 矿体(黑色白云石化次生石英岩); 8. 断层

岩界线清楚, 而与超镁铁岩为过渡关系。以 Au9 矿体规模最大, 长 720 m, 平均厚 2.18 m, 平均品位 9.16×10^{-6}; Au6 矿体规模最小, 长 30 m, 平均厚 1.70 m, 平均品位 4.91×10^{-6}[①]。矿体呈似层状或透镜状, 走向 270～290°, 倾向南—南南西, 倾角 60° 左右。矿体沿走向、倾向具波状弯曲、膨缩等特点。在超镁铁岩下盘不规则凹陷部位, 可形成不规则囊状富矿体 (如 100 线地表采坑矿体), 金品位最高达 100×10^{-6}以上。

2.2　矿石特征

矿石由致密块状黑色热液硅化岩及充填于其中的白色石英网脉构成。矿石中金属硫化物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、磁黄铁矿等; 脉石矿物主要有石英、方解石、白云石、绢云母、玉髓、滑石、蛇纹石、绿泥石、菱镁矿等。次生氧化物常见黄钾铁矾、褐铁矿、胆矾、孔雀石、铜蓝、蓝铜矿、白铅矿等。氧化带见有银金矿、自然金及自然银, 粒径 50～250 μm, 最大达 2 000 μm, 它们呈孤岛状、树枝状和不规则状分布于蜂窝状空洞及微晶石英中, 或褐铁矿的周围。原生矿石中未发现金粒, 推测主要以显微不可见金赋存于金属硫化物中。

矿石结构以自形-半自形晶粒状、交代溶蚀及骸晶结构为主, 次为交代残留、交代假像及乳滴状结构, 矿石构造主要有草莓状、斑点状、星点状、致密块状、蜂窝状、脉状、网脉状及浸染状构造。

2.3　围岩蚀变与矿化

围岩蚀变类型有蛇纹石化、滑石化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐 (主要为白云石和铁白云石) 化、绿泥石化和绢云母化。交代蚀变具十分清楚的水平分带 (图 3)。自蚀变超镁铁岩 (蛇纹岩) 至围岩板岩, 蚀变分带为: ①滑石化蛇纹岩; ②碳酸盐化滑石片岩; ③青灰色热液硅化岩; ④黑色碳酸盐化黄铁矿化含金热液硅化岩; ⑤硅化绢云母化板岩。另外, 在④带中尚见有浅肉红色含铜石英碳酸盐残留体, 反映含金热液硅化岩是对其进一步交代作用之产物。

2.4　矿石类型与成矿阶段

依据矿石中矿物共生组合, 将矿石分为蛇纹岩型、热液硅化岩型及石英脉型 3 种自然类型。其中, 热液硅化岩型是该矿床的主要矿石类型, 占总矿石量的 90% 以上。

热液成矿期可划分为 3 个主要成矿阶段: ①滑石-碳酸盐阶段, 矿物组合为滑石+ 蛇纹石+ 玉髓+ 方解石+ 白云石+ 黄铁矿+ 黄铜矿。该阶段矿化弱、

①甘肃地勘局酒泉地质矿产调查队. 甘肃省肃北县鹰嘴山金矿区普查总结. 1997.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

规模小, 仅局部构成工业矿体; ②金-黄铁矿-玉髓阶段, 矿物组合为玉髓+ 白云石+ 黄铁矿+ 银金矿+ 方铅矿+ 毒砂。矿化赋存于热液硅化岩中, 为该矿床的主要开采对象; ③金-多金属硫化物-石英阶段, 矿物组合为银金矿+ 石英+ 黄铜矿+ 黄铁矿+ 方铅矿+ 闪锌矿。呈脉状、网脉状、或团块状充填于全硅化蚀变岩的裂隙中。

另外, 该矿床发育有 1 至数米的氧化带与次生富集带, 呈黑色带黄褐色炉渣状或呈褐铁矿化致密块状"硅帽", 含大量自然金, 金品位高达 200×10^{-6} 以上。

3 矿床地球化学

3.1 岩矿石化学成分

矿区近矿交代岩及各类岩石的化学及稀土元素分析结果 (表 1) 表明: ①含金热液硅化岩以 SiO_2 低、ΣFe 高及较高的 K_2O 和 H_2O^+ 与矿区沉积硅质岩相区分; ②既使弱蚀变含金超镁铁岩 (97Y-257), 其全岩 SiO_2 含量高达 60.99%, 比正常超镁铁 SiO_2 含量高出近一倍, 且 Al_2O_3 和 K_2O 明显偏高, 表明成矿过程中有富含 Ca、Al、K、易溶硫络合物、CO_2 和 SiO_2 等成分复杂的酸性热液参与。矿区闪长 (玢) 岩脉与"硅化岩"及矿体所呈现的密切空间关系 (图 2, 4) 为酸性热液参与成矿提供了佐证。

3.2 稀土元素

含金热液硅化岩、超镁铁质蚀变岩及矿化石英

表 1 鹰咀山金矿床不同类型蚀变岩岩石化学和稀土元素分析结果

Tab.1 Petrochemistry and REE analysis results of the alterated rocks of Yingzuishan gold deposit

项目	序号	1	2	3	4	5	6	7	8
	样品编号	YZ11-1	YZ11-2	YZ13-2	97Y-249-1	97Y-248-1	97Y-251-2	97Y-257	97Y-268
	岩石名称	板岩	近矿板岩	近矿板岩	石英碳酸盐岩	含矿热液硅化岩	矿化热液硅化岩	硅化滑石蛇纹石片岩	沉积硅质岩
常量元素	SiO_2	60.91	60.76	57.66	26.98	90.83	94.68	60.99	96.17
	TiO_2	0.83	0.72	0.82	0.01	0.09	0.09	0.44	0.06
	Al_2O_3	15.02	14.23	14.70	0.96	1.20	1.43	9.67	1.20
	Fe_2O_3	2.23	7.64 (T)	8.25	0.62	2.40	0.72	7.07	0.36
	FeO	5.91	-	1.60	0.48	0.50	0.35	3.13	0.43
	MnO	0.13	0.37	0.06	0.60	0.003	0.03	0.26	0.01
	MgO	4.44	4.03	3.70	11.90	0.20	0.20	8.50	0.50
	CaO	0.39	0.53	0.31	25.10	0.80	0.10	0.60	0.10
	NaO	1.06	0.62	0.58	0.07	0.12	0.05	0.08	0.08
	K_2O	4.13	2.70	5.56	0.15	0.97	0.61	0.43	0.31
	P_2O_5	0.17	0.43	0.25	0.05	0.10	0.01	0.08	0.03
	H_2O^+	4.06	烧失量	5.10	2.10	1.14	0.16	6.50	0.15
	H_2O^-		5.40	-	0.15	0.10	0.03	0.14	0.04
	CO_2	0.47	0.03	0.09	0.01			1.20	
	Cu	-	2.41	-	-				
	S	0.03	0.03	0.43		1.31	0.87		
	合计	99.95	99.84	99.11	99.18	99.76	99.33	99.09	99.44
稀土元素	La	40.07	39.06	35.53	3.67	6.58	3.63	5.37	2.39
	Ce	68.72	73.37	60.47	4.85	12.5	5.99	9.19	4.52
	Nd	27.67	35.32	24.33	2.43	5.61	2.61	5.77	1.97
	Sm	5.56	8.86	5.09	0.465	0.881	0.432	1.67	0.498
	Eu	1.16	2.27	1.01	0.486	0.162	0.102	0.541	0.169
	Tb	0.91	1.81	0.53	0.079 4	0.148	0.076 3	0.300	0.078 7
	Yb	2.35	3.84	2.07	0.263	0.606	0.266	1.03	0.347
	Lu	0.28	0.42	0.30	0.030 7	0.107	0.034 5	0.139	0.043 2
	$(La/Yb)_N$	17.05	10.17	17.16	9.41	7.32		3.52	4.64
	ΔEu	0.70	0.76	0.77	3.12	0.55		0.95	1.04

注: 数据来源: 1~3、据毛景文, 2003; 其余均为本研究分析结果。分析者: 常量元素由中科院贵阳地球化学研究所李荪蓉分析; 稀土元素由北京中科院高能物理研究所核技术应用部韩松、贾秀勤等用中子活化法分析。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

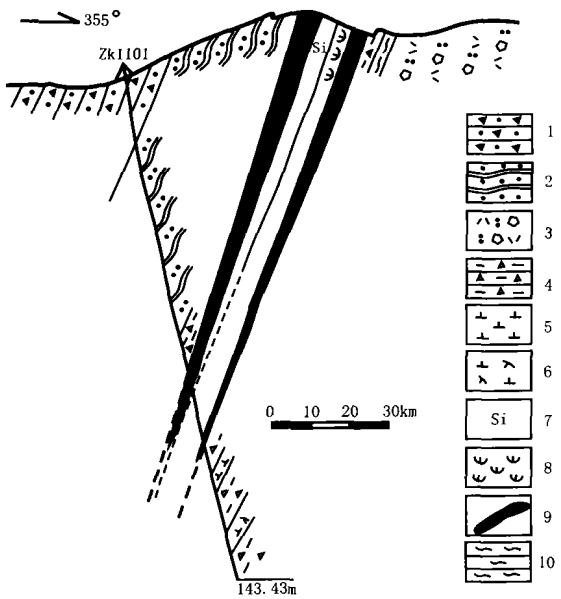


图 4　鹰嘴山金矿床 100 勘探线剖面图
(据酒泉地质矿产调查队, 1997)

Fig. 4　Profile of prospecting line100 of Yingzuishan gold deposit

1. 岩屑砂岩; 2. 凝灰质板岩; 3. 含砾凝灰岩; 4. 构造碎裂岩; 5. 闪长岩脉; 6. 闪长玢岩脉; 7. 次生石英岩; 8. 蛇纹岩; 9. 矿体; 10. 绿泥石片岩

脉具有十分相似的稀土元素总量和配分型式 (图 5a), 稀土总量低, 在 9.95×10^{-6}～26.59×10^{-6}, 稀土配分型式均呈轻稀土富集型, 其 $(La/Yb)_N$ 值为 3.52～9.41, δEu 变化大, 为 0.55～3.11, 而与矿体之围岩砂质板岩稀土元素配分模式差别较明显 (图 5b)。后者稀土总量高, 为 129.33×10^{-6}～164.95×10^{-6}, $(La/Yb)_N$ 值大, 为 10.17～17.16。含金热液硅化岩稀土元素配分型式对超镁铁质岩的继承性表明含金热液硅化岩的原岩应是超镁铁岩, 矿石应是超镁铁岩的全硅化产物[4]。

3.3　硫、锶同位素

矿石中载金硫化物(黄铁矿 2 件, 方铅矿 1 件)的 $\delta^{34}S$ 变化范围 + 2.25‰～ + 8.93‰, 平均 + 6.15‰。与我国云南金厂(- 5.7～ - 2.2)、新疆萨尔托海(- 2.8‰～ + 4.3‰)及陕西煎茶岭(+ 6.3‰～ + 29.1‰)3 个大型超镁铁岩型金矿床相比, 其硫同位素组成高于前二者, 而显著地低于后者, 但变化范围与前二者接近。已有研究资料揭示, 金厂及萨尔托海金矿床硫同位素组成具幔源特点[5,6], 煎茶岭金矿床的硫源是多源的[7]。因此, 鹰嘴山金矿床成矿热液中的硫主要是由深源或超镁铁岩带来的幔源硫, 在运移及成矿过程中受到了其他来源物质的混染。

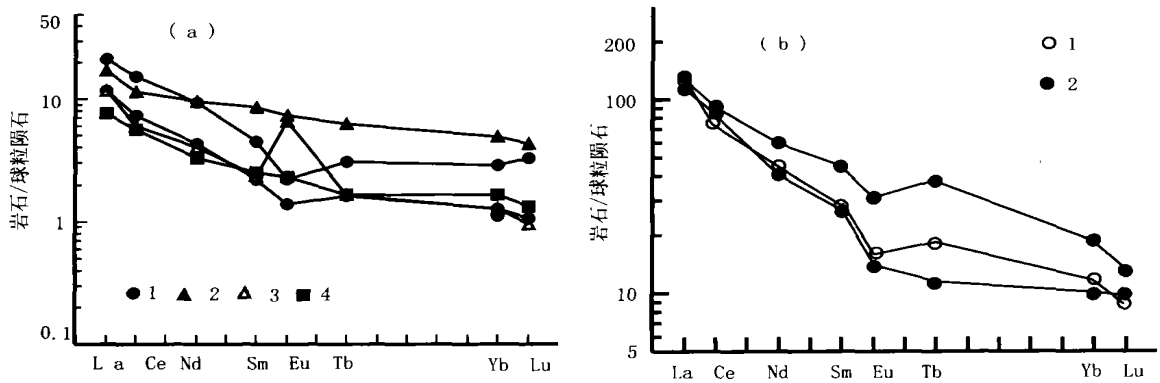


图 5　鹰嘴山金矿床蚀变岩及板岩稀土元素配分型式

Fig. 5　Altered rocks and slates REE partition model of Yingzuishan gold deposit

(a) 1. 矿化次生石英岩; 2. 硅化滑石蛇纹石片岩; 3. 石英碳酸岩; 4. 硅质岩; (b) 1. 近矿板岩; 2. 板岩

本次研究获得的一组热液硅化岩锶同位素初始值为 0.716 33±0.000 84, 此值不同于深部来源(一般为 0.702～0.706), 亦不同于大陆壳 (一般大于 0.720), 显示过渡类型特征。在地幔及地壳锶演化图上投点落入大陆壳演化曲线之下壳幔混合源区, 表明成矿物质以深源为主, 但受到壳源物质强烈混染。

3.4　氧同位素

矿区不同类型矿石石英的 $\delta^{18}O$ 值 (表 2), 地表硅化岩矿石为+ 16‰～ + 16.9‰, 深部矿化多金属

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

硫化物石英脉为+ 18‰，氧同位素变化不大。利用已获得的包裹体测温资料，由石英-水分馏方程：Δ石英- 水= $3.42\times10^{6}T^{-2}-2.86$[8]计算求得成矿溶液的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 分别为+ 1.83‰～ + 3.04‰和+ 4.33‰～ + 6.03‰，平均+ 3.18‰。这一氧同位素组成和变化范围即不同于岩浆水，亦不同于大气降水，而是介于二者之间，说明鹰嘴山金矿床的成矿流体应为复成因的混合热液。

表 2 鹰嘴山金矿床氧同位素组成（SMOW）

Tab.2 Oxygen isotope composition of Yingzuishan gold deposit

序号	样号	测试矿物	样品	均一温度	$\delta^{18}O_Q$‰	$\delta^{18}O$‰*
1	97Y-252	石英	硅化岩矿石	175①	16	+ 1.83
2	97Y-254	石英	矿化石英脉	179.1	16.9	+ 3.04
3	97Y-256	石英	无矿石英脉	181.7～207	18	+ 4.33～+ 6.03

注：由宜昌地质矿产研究所测试；①据矿物组合假定温度；* 为计算的液体值。

3.5 成矿流体化学成分

3 件石英包裹体激光拉曼探针分析结果（表 3）表明，气、液相组分中，以 CO_2 含量为最高，其次为 H_2O，并不同程度地含有 H_2S、CH_4、H_2 和 N_2，包裹体还原参数为 0.21～0.4，反映矿化流体是一种较氧化和富 CO_2 的成矿流体，具幔源流体或变质热液型金银矿床流体包裹体特点[9,10]；包裹体盐水溶液中，阳离子均低于检出线，阴离子团有 SO_4^{2-}、CO_3^{2-}、HCO_3^- 和 HS^- 离子。其中，SO_4^{2-} 和 HS^- 含量最高，表明金主要以硫络合物或硫代硫酸盐形式迁移的。上述流体包裹体成分反映了成矿流体总体属 H_2O-CO_2-SO_4^{2-}-CO_3^{2-}/M^+ 型热水溶液，与云南金厂蚀变超基性岩型金矿床成矿流体相类似[5]。另外，溶液中硫的价态可能对矿化起主导作用。如，深部弱矿化石英脉石英包裹体阴离子主要为 HS^- 和 HCO_3^-，而地表硅化岩矿石石英包裹体阴离子为 SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-}，显示了含金热液硅化岩形成时热液系统氧逸度较高或低温浅源组分增多，应指示成矿溶液中加入了较多的循环大气降水。

表 3 鹰嘴山金矿床流体包裹体气、液相成分

Tab.2 Gas-liquid phase components of fluid and inclosure of Yingzuishan gold deposit

样号	气相（%）*						液相（%）				盐水溶液（mol/L）			
	CO_2	N_2	H_2S	CH_4	H_2O	H_2	H_2O	CO_2	H_2S	CH_4	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	HS^-
97Y-256			34.7	11.6	40.3	13.4	24.2	61.1	10.4	43		0.07		0.16
YZS2-1①	71.2	8.8	7.0	10.8		2.2	29.6	45.2	15.1	9.9	0.35		0.25	
YZS2-2①	63.7				22.9	13.4	50.1	42.9		7.0	0.25	0.16		

注：* 摩系数相对百分含量；mol/L 单位体积中摩尔数。①据毛景文等，2003；其系由西安地质矿产研究所王志海测试。

4 成矿物质来源分析

研究表明，北祁连山西段超镁铁岩体金元素背景均较高，平均值 33.12×10^{-9}[11]。鹰嘴山矿区超镁铁岩体虽未进行金背景统计分析，但岩体对矿体的控制作用是十分明显的。地表所圈定的 12 个矿体中（图 2），仅有两个产于凝灰质板岩中，其余 10 个不是直接赋存于超镁铁质岩体中，就是产于超镁铁岩与粉砂质板岩（或凝灰岩）的接触破碎带或控岩断裂中。虽然少数矿体地表产出部位未见超镁铁岩体出露，但其深部极可能有岩体产出。以 9 号矿体为例，在矿体地表出露长 720 m 的范围内，地表仅断续有几处超镁铁岩露头，经工程揭露，这些露头在地表以下几米至十余米相互连接构成同一超镁铁岩岩脉（岩墙），矿体就定位于岩体边部内带（图 4）。蛇纹岩型金矿体、①、②、③、④矿化蚀变分带及含金硅质蚀变岩矿体中石英碳酸盐岩残留体六者共存正是超镁铁岩热液蚀变产物最完整的体现。显而易见，超镁铁岩是矿床形成的矿源岩。这同样可由含金热液硅化岩中保留的浅肉红色含铜石英碳酸盐残留体加以证实。

5 成矿物理化学条件与成矿时代

5.1 成矿温度、盐度及盐水密度

地表热液硅化岩中流体包裹体均一温度为 179.1 ℃，盐度及密度分别为 10.74w_B% 及 0.967/

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

cm^3 (表 4); 深部弱矿化硫化物石英脉的形成温度为 181.7～ 207 ℃, 盐度及密度分别为 5.85～ 17.55w_B% 和 0.922～ 0.995 g/cm^3。二者相比, 流体的盐度及密度均有所增加, 但盐度变化较大, 自硅化→成矿阶段流体盐度逐渐升高之趋势表明成矿过程中含矿流体不断演变为高浓度的成矿流体, 在浅部与低盐度流体发生混合作用, 矿化是这两种流体与超镁铁岩相互作用之产物, 具低温成矿特征。

表 4　鹰嘴山金矿床流体包裹体均一温度、盐度、盐水密度

Tab.4　Even temperature, salinity and brine density of the fluid and inclosure of Yingzuishan gold deposit

样号	主矿物	产状	均一温度 (℃)	盐度 w_B(NaCl)%]	密度 (g/cm^3)
97Y-254	石英	硅化岩矿石	179.1	10.74	0.967
97Y-256	石英	矿化石英脉	207	17.55	0.995
97Y-256	石英	矿化石英脉	181.7	8.81	0.954
97Y-256	石英	矿化石英脉	189.8	5.85	0.922

注: 由西安地质矿产研究所火山岩中心徐学义测试。

5.2　成矿时代

采用全岩 Rb-Sr 等时线测定全硅化超镁铁蚀变岩蚀变成矿时代是一种行之有效的方法。本次于鹰嘴山金矿床 Au9 矿体地表不同部位共采集 7 个样品进行 Rb-Sr 同位素测试 (表 5), 结果表明各样品$^{87}Sr/^{86}Sr$ 值变化范围较大, 为 0.743 73±0.000 21

表 5　鹰嘴山金矿床全岩 Rb-Sr 分析结果

Tab.5　Whole rock Rb-Sr analysis result of Yingzuishan gold deposit

样号	样品名称	Rb/10^{-6}	Sr/10^{-6}	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$
1	石英碳酸盐岩	34.26	19.06	5.201	0.745 83±0.000 10
2		7.67	5.19	4.275	0.743 73±0.000 21
3	含铁白云石热液硅化岩	34.54	15.27	6.551	0.754 56±0.000 14
4		61.18	20.61	8.607	0.765 96±0.000 03
5		44.46	16.8	7.669	0.760 83±0.000 08
6		30.23	13.09	6.668	0.756 18±0.000 05
7	强硅化岩	77.38	9.381	24.13	0.858 71±0.000 21

注: 由宜昌地质矿产研究所蔡红分析测试。

表 6　北祁连鹰嘴山金矿床与国内典型超镁铁岩型金矿床对比

Tab.6　Comparison between Yingzuishan gold deposit and domestic typical ultramafic rock type gold deposits

矿床		云南墨江金厂金矿床①	新疆萨尔托海金矿床②	北祁连鹰嘴山金矿床
成矿构造环境		板块碰撞边界蛇绿岩带	板块碰撞边界蛇绿岩带	板块碰撞边界俯冲杂岩带
含矿岩系		蛇绿岩	蛇绿岩	俯冲杂岩
赋矿岩石		超镁铁岩	超镁铁岩	超镁铁岩
控矿构造		哀牢山深大断裂及其次级断裂	达拉布特断裂及其次级断裂	古阿尔金断裂及其次级断裂
矿区岩浆岩		华力西期超镁铁岩、燕山期花岗斑岩、煌斑岩等	超镁铁岩	超镁铁岩、闪长玢岩、辉长岩
矿石类型		硅化蚀变岩型+ 石英脉型、少量含金滑石脉型	硅化蚀变岩型+ 石英脉型	硅化蚀变岩型为主, 少量石英脉及蛇纹岩型
矿化阶段		金-石英-黄铁矿、富金-石英-多金属硫化物、石英-黄铁矿	自然金-石英-黄铁矿、自然金-石英-多金属硫化物、石英-碳酸盐	蛇纹石-滑石-玉髓-黄铁矿、自然金-玉髓-黄铁矿、自然金-多金属硫化物
金属矿物组合		自然金、黄铁矿、毒砂、辉锑矿、硫锑铜银矿、黄铜矿、自然铂、磁黄铁矿、方铅矿、辉砷镍矿等	黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金、辉砷镍矿、辉铜矿、毒砂等	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、毒砂、自然金等
元素组合		Au-Ni-(As-Sb-Hg)	Au (As、Hg、Sb)	Au (As、Hg、Sb、Pb)
围岩蚀变		硅化、黄铁矿化、铬水云母化、滑石菱镁岩化、绿泥石化、蛇纹石化	硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、滑石菱镁岩化、绿泥石化、蛇纹石化	硅化、蛇纹石化、黄铁矿化、滑石化、碳酸盐化、绿泥石化
矿石结构构造		微晶细晶结构; 皮壳状、胶状、块状、条带状、脉状-网脉状构造	微晶细晶结构; 星点状、浸染状、脉状-网脉状构造	微晶细晶结构; 星点状、浸染状、脉状-网脉状构造、草莓状构造
成矿温度		130～ 320 ℃ (均一温度)	310～ 510 ℃ (爆裂温度)	179～ 207 ℃ (均一温度)
同位素	$\delta^{34}S$ (‰)	- 5.70～ - 2.20	+ 2.3～ + 4.3	+ 2.25～ + 8.89
	$\delta^{18}O_{H_2O}$ (‰)	- 5～ + 9	+ 7.45～ + 11.73	+ 1.83～ + 6.03
	δD_{H_2O} (‰)	- 114～ - 78	- 79～ - 70	
成矿时代		114Ma (铬水云母 K-Ar 法)	320～ 290Ma (方铅矿模式年龄)	413Ma (全岩 Rb-Sr 年龄)
成矿流体		岩浆水+ 地下水	岩浆水+ 海水	岩浆水+ 大气降水
成因类型		大气降水-岩浆热液	变质热液	大气降水-岩浆热液

注: ①据李　元, 1998; 俞广钧, 1990[12]; ②据白文吉等, 1988。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

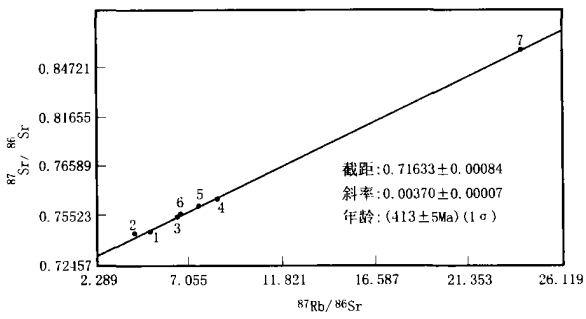


图 6 鹰嘴山金矿床含金硅质蚀变岩 Rb-Sr 等时线图

Fig. 6 Auriferous siliceous alterated rocks Rb-Sr isochron diagram of Yingzuishan gold deposit

～ 0.858 71±0.000 21，说明锶同位素组成不均。Rb-Sr 等时线图（图 6）显示，7 个点构成一条十分理想的等时线，等时线年龄为 413±5Ma，与区域上广泛分布的英安斑岩年龄 427.7±4.5Ma（锆石 U-Pb 法）非常接近，暗示了含金热液硅化岩的形成与区内中酸性岩浆活动有着密切的关系。

6 结论

（1）鹰嘴山金矿床分布于北祁连山早古生代海沟俯冲杂岩带西延部位，容矿岩石为超镁铁岩体；容矿构造主要为控制超镁铁岩产出的区域性断裂及接触破碎带。因此，古生代海沟俯冲杂岩带是矿床形成的一级地质构造环境。

（2）岩矿石地质地球化学研究表明，矿化是深部富含 Ca、Al、K、易溶硫络合物、CO_2 和 SiO_2 的酸性上升流体（岩浆水）对超镁铁岩及其成矿物质反复淋滤、蚀变与富集的结果，金质主要来自超镁铁质岩体。

（3）矿化岩石主要为碳酸盐化隐晶质热液硅化岩，围岩蚀变以硅化、蛇纹石化、滑石化和碳酸盐化为主，矿物组合主要为黄铁矿，含少量黄铜矿、方铅矿和毒砂，成矿具低温成矿作用特点（< 200℃）。因此，矿床成因属与超镁铁岩有关的低温热液蚀变岩型金矿床，并可与我国云南墨江金厂和新疆萨尔托海超镁铁岩型金矿床相类比（表 6）。

（4）利用全岩 Rb-Sr 等时线法首次对鹰嘴山全硅化超镁铁岩型金矿石进行同位素测年，获得成矿年龄为 413±5Ma，属加里东晚期，这一年龄值不仅与赋矿混杂岩的最终定位时代相一致，同时亦表明该矿床是碰撞造山期构造-岩浆-热事件的产物。

致谢：本项目野外工作期间得到甘肃地矿局和酒泉地调队叶得金、王方成、丁启福等同志的大力支持，成文过程中得到了李英教授的不吝指教，在此一并感谢。

参考文献：

[1] 吴汉泉，冯益民，霍有光，等．甘肃玉门昌马地区的蓝闪片岩[J]．中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊，1991，32（3）：1-13.

[2] 夏林圻，夏祖春，任有祥，等．北祁连山构造—火山岩浆—成矿动力学[M]．北京：中国大地出版社，2002.

[3] 杨建国，任有祥，李智佩，等．甘肃寒山金矿床成矿机制及成因研究[J]．矿床地质，2002（增刊），747-750.

[4] 赵一鸣，林文蔚，张德全，等．交代成矿作用及其找矿意义- 几个重要含矿交代建造的研究[M]．北京：北京科学技术出版社．1992.

[5] 李 元．云南金厂金矿床蚀变超基性岩体与金的成矿作用[J]．地质与勘探，1998，34（1）：28-32.

[6] 白文吉，甘源明，周美付．新疆托里地区金矿床地质特征及成因讨论[J]．地质论评，1988，34（1）：80-87.

[7] 廖俊红．陕西略阳煎茶岭金矿床成矿规律及成矿模式[J]．有色金属矿产与勘查，1999，18（1）：21-28.

[8] 张理刚．稳定同位素在地质科学中的应用[M]．西安：陕西科学技术出版社．1985.

[9] 张立东．金银矿床中流体包裹体研究现状[J]．贵金属地质，1992，11（1）：70-76.

[10] 毛景文，张招崇，杨建民，等．北祁连西段铜铁钨多金属矿床成矿系列和找矿评价[M]．北京：地质出版社，2003.

[11] 杨建国．青海北祁连山中段镁铁、超镁铁岩带金矿床特征及成因探讨[J]．西北地质，1992，34（3）：24-31.

[12] 俞广钧．哀牢山金矿带原生金矿床的类型及控矿条件[J]．地质与勘探，1990，26（5）：3-11.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Study on geology and geochemistry of Yingzuishan gold deposit in Gansu

YANG Jian-guo, REN You-xiang, LI Zhi-pei, SONG Zhong-bao
(*Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an* 710054, *China*)

Abstract: Yingzuishan gold deposit lies in the intersection point of North Qilian Mts and South Altyn abruption, it is related to the ultramafite nearly in space. By studying the geology of the deposit, ascertained the deposit's geology background and mineralization characteristics, and analysed minerelization material source according to the geology, REE, stable isotopes and fluid inclusion. The authors believe that the mineralization material of the deposit derived from ultramafite chiefly, its genesis type is cryoultrabasic alteration rock type, and it is another important kind of gold deposit in North Qilian Mts. area.

Key words: ultramafite; mineralization material source; alteration gold deposit; North Qilian Mountains, Gansu

西安地质矿产研究所举办 2004 年度中青年科技人员学术交流会

为了检阅我所中青年科技人员近年来在承担国家基础性、公益性地质调查和战略性矿产勘查过程中, 业务建设的实际状况, 活跃学术气氛, 促进中青年科技人才的快速成长, 为他们提供交流和讨论问题的平台, 进一步提升全所地调科研工作水平, 2005 年 1 月 20～21 日, 我所召开了 2004 年度中青年科技人员学术交流会。

所领导、全所科技人员及管理人员参加了本次学术交流会, 31 名中青年科技人员登台向与会者交流了自己的学术论文。交流的内容涵盖了当代地质科学新进展综述、重大地质问题讨论、地学数据库建设、基础地质、资源地质、水文地质领域地调科研项目的部分研究成果。

本着严格把关, 激励人才快速成长的目的, 所学术委员会设专家评议组, 对交流的学术论文进行了认真评议。共评出一等奖 2 名, 二等奖 8 名。尹立河助理工程师交流鄂尔多斯盆地地下水勘查项目的"三维地质建模内差方法探讨"获青年组一等奖; 承担玉树县幅 1: 25 万区域地质调查项目的朱迎堂高级工程师, 交流"西金乌兰- 金沙江结合带研究新进展"获中年组一等奖。所领导向获奖人员分别颁发了荣誉证书和奖金。

所学术委员会主任夏林圻研究员和李文渊副所长对本次学术交流中的亮点进行了精彩的点评。要求全所上下要进一步牢固树立人才是第一资源的观念, 进一步加大人才队伍建设力度, 不断探索和创新人才培养及人才使用的机制; 加强各层次学术交流的力度, 给中青年压担子, 为人才快速成长提供更多更好的机会; 激励中青年科技人员多出成果, 出好成果; 总结经验, 健全机制, 加快培养和造就领军人才, 保证我所业务领域发展和人才建设各项目标的实现。

(西安地质矿产研究所地调部 申少宁)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net