

河南银家沟矽卡岩型金矿的地质 地球化学特征及成因*

陈衍景

郭抗衡

(中科院地球化学研究所, 贵阳)

(河南省地调一队, 洛阳)

提 要: 通过全面论述其地质、地球化学特征、证明矿床应属典型的矽卡岩型金矿, 矿床及含矿岩体形成于中生代华北与华南两板块碰撞造山的陆内俯冲作用过程中。

主题词 银家沟 金矿 矽卡岩型 碰撞造山成岩成矿模式

银家沟金矿位于河南省灵宝县朱阳乡。1958—1960年被作为铁矿勘查, 1984年河南地调一队提交其硫铁矿勘探报告, 并指出伴生金。1987年开始作金矿化调研, 1989年提交 $x \cdot x t$ 金储量。几个阶段的工作取得了重要成果, 由于资料较为零散, 对其缺乏深入而系统的认识。本文拟系统总结银家沟金矿的地质地球化学特征, 综合分析矿床的成因。

1 成矿地质背景

银家沟金矿产于华熊地块^[1]南部, 矿区及附近出露熊耳群、官道口群和栾川群, 矿区南部为宽坪群、二郎坪群和秦岭群的分布区。银家沟金矿赋存于官道口群白云岩中。区域主构造线为近东西向, 尤以马超营断裂、黑沟-栾川断裂、朱夏断裂、瓦穴子断裂较发育, 这些断裂在中生代活动强烈, 表现为向北俯冲的陆内板片俯冲缝合带。次级断裂主要是EW向和NE向, 并常控制着中生代花岗岩类和一些矿床的分布, 使得岩体和矿床在空间上有方向性、等距性和分带性^[2]。银家沟金矿则位于银家沟-夜长坪断裂(NE)与荆彰-石坡断裂(EW)的交叉点上(图1)。

2 矿床地质特征

2.1 矿床的产出及与矽卡岩的关系

银家沟岩体及围岩发生了金、银、钼、铅、锌、硫铁等多种金属矿化, 但不同种类的矿化显示出明显的分带性, 从岩体中心向外, 依次是钼→金、硫铁矿→铅锌, 即钼矿化限于岩体

* 中国科学院矿床地球化学开放实验室基金课题, 并承国家自然科学基金和博士后基金资助
第一作者: 陈衍景, 男, 31岁, 现为北京大学地质系博士后。主要从事矿床学、地球化学、早前寒武纪地质研究。邮政编码: 100871
1992—10—16收稿, 1993—5 最后修改回

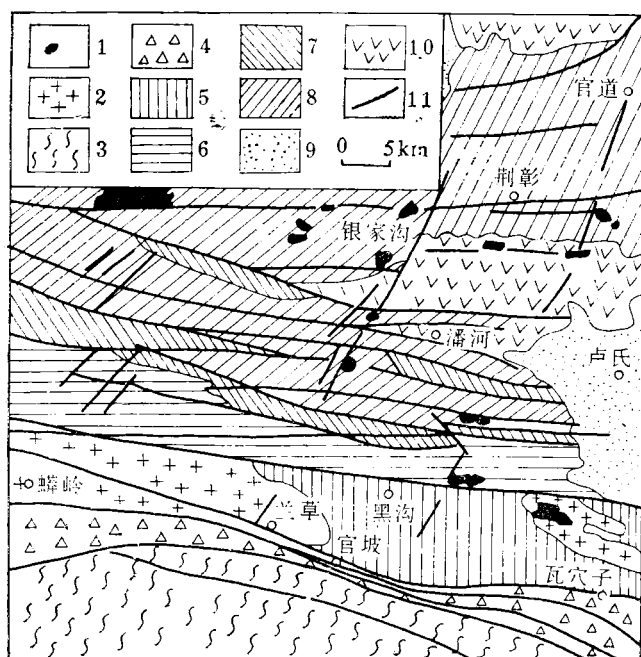


图1 银家沟矿区及邻区地质图

1—斑岩类；2—中生代花岗岩；3—秦岭群；4—二郎坪群；5—宽坪群；6—栾川群或陶湾群；7—晚元古代、早古生代地层；8—官道口群；9—新生界；10—熊耳群；11—断裂

Fig. 1. Geological map of the Yinjiagou ore district and neighboring areas.

1—Porphyry type; 2—Mesozoic granite; 3—Qinling Group; 4—Erlangping Group; 5—Kuanping Group; 6—Luanchuan Group or Taowan Group; 7—Late Proterozoic and Early Paleozoic; 8—Guandaokou Group; 9—Cenozoic; 10—Xionger Group; 11—Fault.

内部，铅、锌矿化限于围岩中，金和硫铁矿化则发生于接触带。已圈定的16个金矿体严格受接触带控制，呈薄板状、透镜状、囊状等。即空间上产在接触带，矿体形态受接触带形态影响，具有典型矽卡岩型矿床的产出特征。与此相呼应的是，在金矿体和硫铁矿体的产出位置，也恰是矽卡岩最为发育的地带，I号硫铁矿体和金矿体则产于矽卡岩之中，矽卡岩矿物成分复杂，以粒硅镁石、镁橄榄石、透辉石、石榴子石、透闪石、阳起石、菱镁矿等为主。

2.2 矿石特征

金矿石常呈粒状镶嵌结构和各种交代结构，常见粒硅镁石、镁橄榄石等矽卡岩矿物被蛇纹石、磁铁矿等交代残余，或呈假象。主要矿石构造是块状、浸染状、角砾状等。矿石的矿物组合复杂多变，接触带内侧矿石主要保留岩体的矿物成分，外侧继承白云岩的矿物，中间则主要是黄铁矿等硫化物。因此，河南地调一队（1989）将矿石分为5类（不含氧化矿石），即花岗岩型、黄铁矿型、多金属硫化物型、菱铁矿型和白云岩型，黄铁矿型和多金属硫化物型最为重要，且在接触带的核心。主要矿石矿物是黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、黄铜矿等。脉石矿物以菱铁矿、菱镁矿、白云石、石英、绢云母等为主，常见粒硅镁石、镁橄榄石、石榴子石、透辉石、透闪石、阳起石等矽卡岩矿床特有的或常见的矿物。表明矿石具有矽卡岩型矿床的特征。

2.3 矿化蚀变特征

矿化蚀变总体分为三期若干阶段：I期为岩浆作用期蚀变，主要发生菱镁矿化、矽卡岩化（狭义）、钾化（钾长石化和黑云母化）、钠长石化等；II期为岩浆结晶后的冷凝期矿化蚀变，主要发生黄铁绢英岩化、硅化等；III期发生在岩浆冷凝后，主要是高岭土化、水云母化和碳酸盐化（菱铁矿化、锰白云石化、铁锰碳酸盐化）。勘探表明，II期矿化对金矿体的形成贡献最大。蚀变类型对围岩岩性有选择性，钾化、钠化、绢英岩化、高岭土化等主要发生在岩体内，菱镁矿化、碳酸盐化、硅化等主要发生在官道口群白云岩中。蚀变对岩性的选择性

导致了蚀变及矿化的分带性，岩体是钾化、钠化、绢英岩化，伴辉钼矿化、磁铁矿化；接触带是矽卡岩化、黄铁绢英岩化、硅化等，伴金、硫铁矿、铜、铅、锌等矿化；围岩主要是碳酸盐化，伴铅、锌、银、锰矿化。亦即，金矿化与矽卡岩化在空间上重合，显示了矽卡岩型矿床的特征。

2.4 矿化富集规律

①矿石中黄铁矿含量高时矿化好。②多金属硫化物网脉发育越好，矿化越好。③绢英岩化强时矿化好。④接触带矿化好，矽卡岩化强时矿化好。

2.5 自然金类的赋存特征

矽卡岩型和微细浸染型（卡林型或远源矽卡岩型）金矿的自然金类通常较细，呈显微金形式赋存在有关矿物中，明金只能在氧化矿石中见到^[9,10]。研究表明，银家沟金矿的自然金类也是以显微金的形式存在的，至今未见明金，也未发现自然金类矿物，此与典型矽卡岩型金矿特征一致。

3 矿床地球化学特征

3.1 包裹体地球化学及成矿物理化学条件

据河南地调一队资料，117件Ⅱ期晚阶段中细粒黄铁矿爆裂温度为200~260℃，Ⅱ期早阶段中粗粒黄铁矿的温度集中在270~290℃，表明Ⅱ期矿化温度在200~290℃。爆裂法和均一法测温表明，Ⅲ期矿化温度集中在190~220℃，Ⅰ期矿化集中在290~520℃，其中菱镁矿化主要发生在470~520℃，以磁铁矿体形成相伴随的矽卡岩化集中在410℃左右，以辉钼矿形成相伴的碱交代（钾化和钠化）发生在290~350℃。可见，从早到晚温度逐渐降低，与一般矽卡岩型矿床成矿温度的变化规律一致。

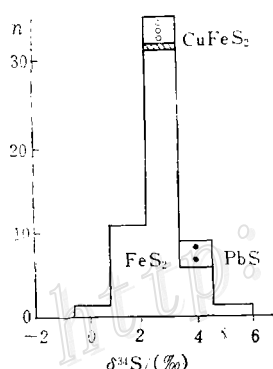


图2 银家沟金矿 $\delta^{34}\text{S}$ 直方图

Fig. 2. Histogram of $\delta^{34}\text{S}$ values of sulfides from the Yinjiagou gold deposit.

在均一法测温研究中，常见含固相（NaCl和KCl）的多相包裹体，表明成矿热液的Cl含量较高，盐度较高，与矽卡岩型矿床特征一致。

3.2 同位素地球化学特征及其成因意义

3.2.1 硫同位素：50件黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于-0.3‰~5.8‰，平均2.62‰，其中80%的样品在1.5‰~3.5‰，塔式效应明显（图2）。表明硫为深源或经历了高度均一化。由于 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值略高于陨石硫，而低于硫酸盐，推测硫主要来自含矿岩体的岩浆活动，部分来自官道口群白云岩系内的少量硫酸盐的活化。黄铜矿、磁黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 分别是2.1‰和2.2‰，与黄铁矿相似；而方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为3.4‰~3.7‰，高于黄铁矿等，与硫同位素的平衡分馏模式（黄铁矿>方铅矿）相矛盾。方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 偏高的原因是什么呢？从前述的矿化分带性可知，方铅矿主要产于外接触带或围岩中，成矿溶液受地层中硫酸盐的影响较大，导致方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 高于主接触带的黄铁矿。从方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 高于黄铁矿的现象证明矿石硫具双源性，即由岩浆和围岩共同提供，

合,表明矽卡岩化是有利的金矿化作用。

2.3.2 元素空间分带:由岩体中心向围岩,矿化元素依次是 Mo、Cu→Cu、Fe、S、Au→Au、Pb、Zn→Ag→Mn。金矿化发生在接触带。表明金矿床应属矽卡岩型或接触交代型。

4 矿床成因讨论

4.1 矿床成因类型的确定

银家沟矿床经历了多次勘查和多方面的研究,有多种成因观点:50年代勘查铁资源时,郭抗衡等认为该矿是接触交代-热液型;70年代,中南地质研究所提出钼矿是斑岩型,硫铁多金属矿床是热液型;80年代初,徐国风^[3]认为矿床各类矿化属斑岩型;1984年河南地调一队提交硫铁矿勘探报告时,提出矿床属与斑岩有关的热液交代型;1988年,胡受奚等^[4]认为是斑岩-矽卡岩型;1989年,河南地调一队的金矿调研报告也认为矿床属斑岩-矽卡岩型。从上述观点和矿床的地质地球化学特征可以看出,矿床无疑属岩浆控制系列^[5],并属斑岩型或矽卡岩型或二者的复合。我们认为钼矿化限于岩体内,与矽卡岩化关系不大,仍应属斑岩型。但接触带发生的硫铁矿化、金矿化等似乎与斑岩型矿床的特征不太符合。事实上,在斑岩型矿床中,几乎没有硫铁矿及相伴矿化的实例,而矽卡岩型硫铁矿床则是常见的^[6]。因此,本文认为银家沟矿床的硫铁、金等矿化属典型的矽卡岩型矿化,其理由是:①银家沟岩体侵入于官道口群白云岩,接触带应该存在矽卡岩化和相伴的矿化,接触带也确发育有矽卡岩;②矿化发生在接触带,矿体产状和形态受接触形态制约;③矿体和围岩的蚀变作用与矽卡岩型矿床一致,菱镁矿化、镁橄榄石化、粒硅镁石化、透辉石化、石榴子石化等是斑岩型矿床难以见到的蚀变;④金矿化与矽卡岩在空间上重合,Ⅰ号硫铁矿及相伴金矿化发生在狭义的矽卡岩中;⑤硫、铅同位素特征和元素地球化学特征都指示成矿物质来自岩浆和地层,双交代作用(广义矽卡岩化)是有利的成矿作用,对矿床形成做出了贡献;⑥矿石特征、成矿温度变化等均与矽卡岩型矿床一致。

4.2 矿化机制和过程

作为矽卡岩型金矿,岩浆的侵入是首要的成矿原因。岩浆上侵时,将深部的成矿物质和成矿热液携带上来,在岩浆定位结晶时,岩浆热液与地层的接触交代又活化萃取了地层中的成矿物质和矿化剂,从而形成双交代成矿热液,在接触带发生矽卡岩化和金矿化,此即Ⅰ期矿化。岩浆结晶后的冷凝过程中,岩浆体积的缩小使围岩、接触带和岩体内普遍发育张性裂隙,为浅部的大气降水热液循环提供了通道,使大量大气降水热液参与矿化,并与岩浆热液和双交代热液混合,造成以多金属硫化物的形成为特征的Ⅱ期矿化。岩体冷凝后,不再有岩浆热液形成,只有大气降水热液活动。不难理解,此三期矿化过程是所有矽卡岩型矿床必须经历的,它与斑岩型、爆破角砾岩筒型矿床的形成过程类似,只是后两者的Ⅰ期缺乏矽卡岩化,而它们的Ⅱ期、Ⅲ期矿化应是一样的。因此,矽卡岩型矿床与斑岩型矿床的区别在于前者曾经历Ⅰ期的矽卡岩化作用。一些学者根据银家沟金矿曾有较强的Ⅱ期黄铁绢英岩化和Ⅲ期高岭土化、碳酸盐化等,矿化温度低于矽卡岩化(狭义)温度,而否定其属矽卡岩型矿床的做法是错误的。

5 含矿岩体的地质地球化学特征和成岩成矿模式

5.1 含矿岩体的地质地球化学特征

5.1.1 岩体地质和岩石学特征: 岩体总体呈不规则环状, 面积 0.6km^2 。岩石类型有钾长花岗斑岩、石英闪长斑岩、黑云母二长花岗斑岩等。钾长花岗斑岩位于岩体中心, 构成岩体主体。岩石的组成: 钾长石 55.9%, 石英 27.2%, 斜长石 10%, 次要矿物为黑云母等, 属中酸性岩类。黑云母石英二长斑岩呈后期岩脉切入。

5.1.2 岩石化学特征: 银家沟岩体的岩石化学成分显示其属中酸性岩类, 即 SiO_2 含量变化于 $61.62\% \sim 70.66\%$, 平均 66.21% , 低于黎彤统计的中国花岗岩的平均值 (71.27%), 表明岩浆来源较深, 有同熔型花岗岩^[7]的特征。岩体 K_2O 变化于 $4.42\% \sim 9.50\%$, 平均 6.66% , 高于中国花岗岩平均值 4.03% ; Na_2O ($0.18\% \sim 1.74\%$, 平均 0.67%)、 CaO ($0.29\% \sim 3.03\%$, 平均 0.97%)、 MgO ($0\% \sim 1.45\%$, 平均 0.87%)、 FeO ($0.09\% \sim 1.91\%$, 平均 0.74%) 等较低, 显示改造型花岗岩类的性质, 表明岩浆来源区的岩石成熟度高, 即可能为陆壳物质。

5.1.3 稀土地球化学: 银家沟岩体 ΣREE 高于豫西典型的中生代改造型花岗岩伏牛山岩体^[6] (表 2), $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 低于后者, δEu 则高于后者, 较大程度上与同熔型花岗岩一致。

表 2 银家沟岩体的稀土参数

Table 2. REE parameters of Yinjiagou rock body

序号	岩石类型	样数	ΣREE	$\frac{\Sigma\text{Ce}}{\Sigma\text{Y}}$	δEu	富集系数
1	银家沟钾长花岗斑岩	4	319.97	8.08	0.75	1.10
2	银家沟二长花岗斑岩	2	182.33	8.84	0.81	0.62
3	银家沟黑云石英二长斑岩	1	296.50	7.84	0.99	1.02
4	银家沟各类岩平均	7	277.29	8.26	0.80	
5	伏牛山斑状花岗岩	12	320.21	9.31	0.59	1.09
6	伏牛山细粒花岗岩	10	200.04	7.33	0.55	0.68
7	伏牛山混合岩	25	184.00	10.03	0.75	
8	伏牛山岩体总平均	47	222.19	9.06	0.67	

1~4 引自刘长命等 (1985)

5~8 引自胡受奚等 (1988)

5.1.4 锶、氧同位素组成: 岩体的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 为 0.7074, 与华南同熔型花岗岩一致, 也与豫西同熔型岩体一致 (7 个数据变化于 $0.7061 \sim 0.7098$), 但同时与中生代改造型花岗岩的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 相一致 ($0.705 \sim 0.709$), 比古生代改造型花岗岩 (灰池子 0.705, 五朵山 0.705, 老君山 0.702) 还高。表明岩体的成岩物质基础与豫西同熔型、改造型花岗岩均相似。岩体花岗斑岩全岩 $\delta^{18}\text{O} = 12.10\%$, 钾长石 $\delta^{18}\text{O} = 11.01\%$ (董有提供), 与华南改造型一致, 不同于同熔型 ($< 10\%$)。而且, 银家沟岩体高于豫西改造型花岗岩 (灰池子 9.24% , 五朵山 9.78% , 老君山 $7.81\% \sim 9.25\%$; 伏牛山细粒花岗岩 $8.54\% \sim 12.08\%$, 平均 9.54% ; 伏牛山似斑状花岗岩 $7.35\% \sim 13.89\%$, 平均 9.22%), 与豫西同熔型花岗岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 一致 (18 件全岩数据变化于 $7.2\% \sim 11.08\%$, 11 件石英矿物数据为 $9.17\% \sim 11.3\%$) 或略高。表明物源成

熟度高。

5.1.5 岩体时代: 钾长花岗斑岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 152×10^6 a, K-Ar 年龄为 172×10^6 a, 表明岩体形成于燕山期, 即侏罗纪。

5.2 成岩成矿模式

银家沟岩体的产出特征、SiO₂ 含量、稀土地球化学特征和锶初始值等与华南同熔型^[7]花岗岩一致, 也与豫西同熔型^[4]一致, 表明岩浆来源较深, 具有同熔型花岗岩的形成机制。岩体钾长石含量、K₂O 含量、K₂O/Na₂O、锶和氧同位素组成等与华南和豫西的改造型^[4,7]花岗岩一致, 有较成熟的物质基础。那么, 该岩体究竟怎样形成的呢? 银家沟岩体形成于中生代, 而豫西地区的洋壳在古生代即已消失, 即B型俯冲已消失, 显然岩体不是B型俯冲的产物。中生代该区发生了强烈的华南与华北板块的碰撞造山作用, 使一些深大断裂转变为陆内俯冲作用带, 陆内俯冲可诱发花岗岩类(碰撞型或改造型和同熔型)形成, 从而引起金等矿化。因此, 银家沟金矿及含矿岩体的形成可借助已建立的碰撞造山或陆内俯冲成岩成矿模式^[8]说明。中生代时, 秦岭群岩石沿朱夏断裂向北俯冲, 在朱夏断裂与栾川断裂之间派生了花岗岩基(秦岭群部分熔融), 如蟒岭岩体等; 在栾川断裂以北, 则形成了斑岩、爆破角砾岩带, 并伴有斑岩型、爆破角砾岩型、矽卡岩型等矿化发生, 如银家沟岩体及相伴的矽卡岩型金矿和斑岩型钼矿(图4)。

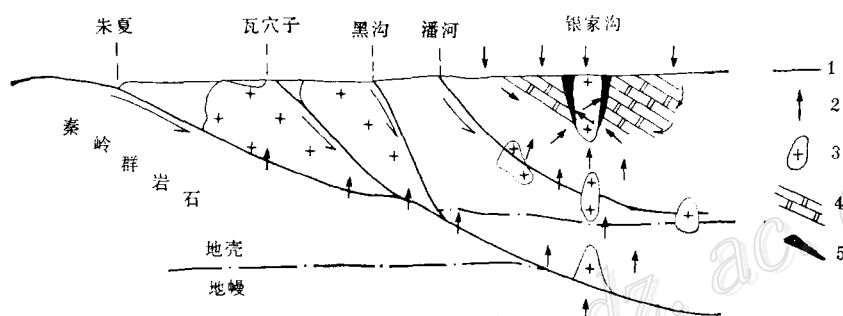


图4 银家沟金矿成岩成矿模式

1—断裂运动方向; 2—热液运移方向; 3—花岗岩类; 4—碳酸盐; 5—矿体

Fig. 4. Petrogenetic and metallogenic model of the Yinjiagou gold deposit.

1—Direction of fault movement; 2—Direction of hydrothermal migration; 3—Granitoids; 4—Carbonate rock; 5—Orebody.

6 找矿方向

目前作为矽卡岩型金矿的银家沟式金矿的找矿工作没有受到重视, 找矿方向未能合理确定。其主要原因是国内学者将斑岩型矿床的范围扩大化, 导致矽卡岩型金矿未能被正确认识, 银家沟金矿也被列入斑岩型矿床。在正确认识了银家沟式金矿的成因类型和成矿模式之后, 即可准确指出找矿方向。即找矿靶区首先应限定在对矽卡岩型矿床形成有利的官道口群、栾川群等碳酸盐地层发育区, 其次再把靶区缩小在斑岩等小岩体发育区, 如灵宝、卢氏地区。目前的资料表明, 洛源、灵宝南部、卢氏、栾川等地是中酸性小岩体和碳酸盐地层都较发育的地区, 应是找矽卡岩型金矿的重点地区。

承涂光炽、欧阳自远和胡受奚等教授的指导,富士谷、陈泽铭、周顺之、严正富、任启江、董有等副教授和徐磊同志的帮助,谨表谢意!。

参 考 文 献

- 1 陈衍景,富士谷,胡受奚.华北地台南缘不同类型绿岩带的主元素特征及意义.南京大学学报(地学版),1988,(1):70~83
- 2 胡元第,郭抗衡.豫西构造控矿规律和内生矿床预测.北京:地质出版社,1978.
- 3 徐国风.论豫西银家沟钼-铜-硫铁矿床的矿质来源.河南地质,1985,(增刊):266~270
- 4 胡受奚等.华北与华南古板块拼合带地质和成矿.南京:南京大学出版社,1988.
- 5 陈衍景等.金矿成因类型和系列划分.地球科学进展,1992(3):73~79
- 6 胡受奚等.矿床学.北京:地质出版社,1982.
- 7 南京大学地质系.华南不同时代花岗岩及其成矿关系.北京:科学出版社,1981.
- 8 陈衍景,张程宁.西准噶尔地区金矿成矿模式.长春地质学院学报,1991,(1):61~66
- 9 博伊尔 R W.金的地球化学及金矿床.北京:地质出版社,1984.
- 10 Bache J J. World gold deposits: a geological classification. London: North Oxford Academic, 1987.

GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF THE YINJIAGOU SKARN TYPE GOLD DEPOSIT, HENAN PROVINCE

Chen Yanjing

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang, Guizhou Province)

Guo Kangheng

(No. 1 Geological Surveying Party, Henan Bureau of Geology and
Mineral Resources, Luoyang, Henan Province)

Abstract

Located in Lingbao County, Henan Province, the Yinjiagou gold deposit lies at the contact zone between Mesozoic granitic body and dolomite of Guandaokou Group, where skarn is well developed. Studies on trace elements as well as sulfur and lead isotopes reveal that bimetasomatism took place during the ore-forming process. Mineralization and alteration exhibits obvious zonation, and from the rock body outwards there are in turn molybdenum→gold and pyrite→lead and zinc. The Yinjiagou gold deposit is therefore regarded as a skarn type deposit. Geological, geochemical and petrochemical studies of the ore-bearing rock body indicate that it is quite complicated in genesis, having syntectonic type petrogenic mechanism and transformation type material basis. The rock body and its associated mineralizations are products of intracontinental subduction during the Mesozoic collision orogenesis between the South China plate and the North China plate. Special importance should be attached to Luoyuan-Lingbao-Lushi-Luanchuan area in prospecting for skarn type gold deposits.