

陕西青山金矿深部找矿前景评价研究

周云 汪雄武 陈兵 秦志鹏 彭惠娟

(成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

[摘要]在总结陕西青山金矿床产出地质背景、矿床地质特征的基础上,分析和研究了矿区控矿因素、成矿元素基本分析统计规律、黄铁矿标型特征、成矿流体特征和矿床成矿模式,矿体主要受含矿岩系、岩相和次级构造的控制,从地表到深部金和铁的品位的变化趋势是越来越高,黄铁矿晶体形态以五角十二面体和五角十二面体与立方体聚型为主,流体包裹体为单相及气液两相,均一温度、盐度在垂向上呈正弦波状变化,建立了青山金矿热泉型成矿模式。由此对青山金矿的深部找矿远景作出了预测,初步认为青山金矿远景资源量较大,找矿潜力良好。

[关键词] 预测 找矿 青山金矿 陕西

[中图分类号] P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2009)05-0493-10

Zhou Yun, Wang Xiong-wu, Chen Bing, Qin Zhi-peng, Peng Hui-juan. The Evaluation of ore potential in depth of Qingshan gold deposit, Shanxi province [J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45 (5): 493-501.

0 引言

80年代中后期以来,随着全球找金热潮的掀起及金矿成矿理论的引入和微金分析技术的突破,在秦岭地区古生界及中生界沉积岩中陆续发现了大量的金矿床。不少矿床已达大型、特大型,还有大量的矿点和异常有待评价,其找金前景不可估量。因此,秦岭造山带是我国最重要的巨型贵金属、有色金属成矿带^[1-3]。然而,目前寻找隐伏矿床的难度不断加大,特别是部分大型矿床经过几十年的勘探和开采,矿产资源濒临枯竭。秦岭造山带尽管成矿条件好,但不能盲目投入,必须要有地质理论指导,才能明确找矿方向。因此,解决固体矿产供需关系极不平衡的一个重要举措,就是充分发挥中国的地域优势和地区特色,自主创立地质基础理论和成矿理论,瞄准国家战略目标,开展理论预测和科学找矿研究,加强从地表找矿转向500 m深的“第二找矿空间”找矿^[4-8]。基础地质研究是成矿预测的前提,创新思维是科学找矿的灵魂。以基础地质研究为先导,以现代地球科学理论为指导,开展以基础地质与矿

床地质紧密结合的中到大比例尺地质填图,应用先进测试手段及信息处理方法,将成矿的地质构造模式有机地转换到以构造为主线的动力成矿模式,以直接找矿信息(化探资料)为基础,以间接找矿信息(物探资料)为依据,综合地质、物探、化探、遥感信息,总结成矿规律、提取找矿信息、浓缩找矿区带、缩小找矿靶区、优选找矿方案、研究成矿机制,以确定找矿方向,开展科学找矿、模式找矿、系列找矿和综合找矿,能够提高在空白区寻找隐伏矿和难识别矿的找矿效率,取得良好的找矿效果^[9-11]。

秦岭成矿带这种良好的区域成矿地质背景,对于青山金矿深部找矿预测具有重要的理论和现实意义。对青山金矿找矿远景预测的研究,不仅可以指导矿区的进一步找矿勘探,同时对于秦岭板块金矿床成矿理论的丰富与补充也具有重要意义。

1 矿床地质概况

青山金矿位于陕西省镇安县北东方向约20 km处,区域构造上位于东秦岭的镇(安)-旬(阳)盆地。区内出露的地层有第四系、上石炭统武王沟组

[收稿日期] 2009-05-20; [修订日期] 2009-08-21。 [责任编辑] 孙赫。

[基金项目] 成都理工大学地质调查项目(编号:HQ0013)资助。

[作者简介] 周云(1984年—),女,安徽安庆人,2007年毕业于成都理工大学,获学士学位,在读硕士研究生,研究方向为成矿规律与GIS成矿预测。

(C_{3w})、中石炭统铁厂铺组(C_{2tc})、下石炭统界河街组(C_{1j})上泥盆统九里坪组(D_{3j})。岩浆活动弱,在龙王沟、八善沟北坡出露石英闪长岩体,围岩为石炭系中统铁厂铺组上段(C_{2tc₂})变质砂岩、砂砾岩夹黑色板岩。岩体中矿物主要由普通角闪石、中长石、更长石组成,次为石英、黑云母、斜长石、条纹长石及辉绿岩包体。副矿物有磁铁矿、钛铁矿、白铁石及少量磷灰石矿物。由于区域变质作用和岩体自变质作用的结果,角闪石多具有阳起化、绿泥石化。长石类矿物具绢云母化及绿帘石化蚀变。岩体中矿物自形程度一般较高,矿物粒度1~3 mm,大者可达5 mm。具自形~半自形粒状结构,变余半自形粒状结构及

斑杂状构造、块状构造、压碎状构造、角砾状构造。石英闪长岩侵入体与围岩接触蚀变不强,在接触带附近,围岩仅具轻微硅化、角岩化、片理化和绿泥石化,局部可见赤铁矿化。该岩体为一浅成侵入体,侵入于大坪~铁厂铺倾伏背斜北翼。构造活动强烈,主要表现为近东西轴向的大型斜歪背斜和一系列东西向与南北向的断裂构造。矿床类型为微细浸染型,主要受东西向与南北向的断裂构造控制,矿体呈脉状、透镜体状,主要赋存于下石炭统界河街组和上泥盆统九里坪组的隐晶或微粒灰岩、砂钙质、炭质板岩中(图1)。

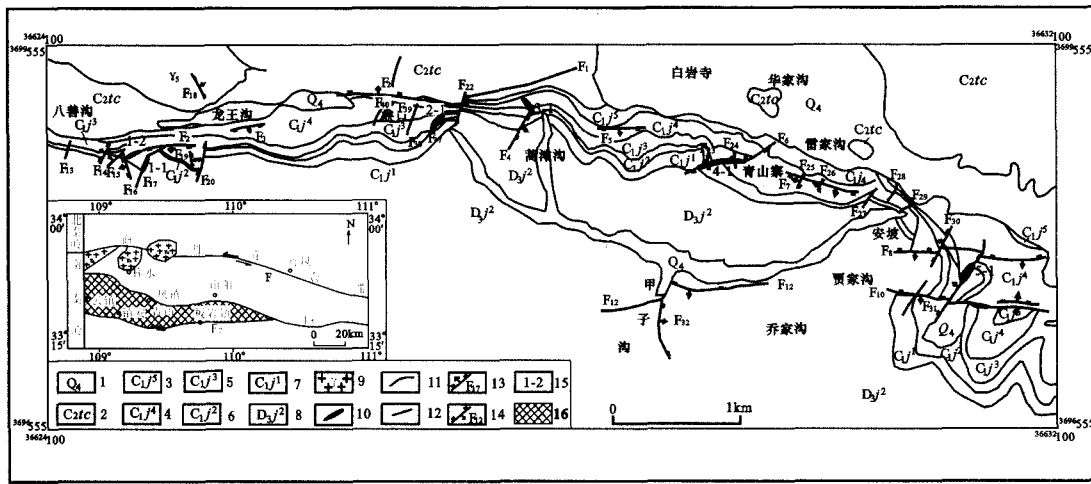


图1 青山金矿矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Qingshan gold deposit

1—第四系松散堆积物;2—中石炭统铁厂铺组钙质、炭质板岩;3—下石炭统界河街组第五层灰岩、钙质板岩互层;4—下石炭统界河街组第四层细粒灰岩;5—下石炭统界河街组第三层隐晶灰岩;6—下石炭统界河街组第二层钙质板岩;7—下石炭统界河街组第一层粗粒灰岩;8—上泥盆统九里坪组上段黑色炭质板岩;9—石英闪长岩体;10—金矿体;11—地层界线;12—张扭性断裂;13—正断层;14—逆断层;15—矿体编号;16—镇安盆地

1—loose deposit of the Quaternary; 2—calcareous and carbonaceous slate of Tiechangpu Formation in middle Carboniferous; 3—the fifth layer, limestone, calcareous slate interbedded of Jiehejie Formation in lower Carboniferous; 4—the fourth layer, fine-grained limestone of Jiehejie Formation in Lower Carboniferous; 5—the third layer, aphanitic limestone of Jiehejie Formation in Lower Carboniferous; 6—the second layer, calcareous slate; 7—the first layer, thick layer of coarse-grained limestone; 8—black carbonaceous slate of upper Jiuliping Formation in Upper Devonian; 9—quartz diorite rock; 10—gold body; 11—stratigraphic boundary; 12—tensional-shear fractures; 13—normal fault; 14—reversed fault; 15—gold body's number; 16—Zhen'an Basin

青山金矿床金矿石类型有铁帽型和菱铁矿-黄铁矿型,铁帽型矿石金属矿物主要为褐铁矿,次为赤铁矿、锰铁矿,少量的黄铁矿,非金属矿物主要为方解石、粘土。菱铁矿-黄铁矿型矿石金属矿物主要为菱铁矿、黄铁矿,其次为砷黄铁矿、镜铁矿、辉铋矿、钛铁矿、白铁矿、毒砂等,非金属矿物主要为方解石、石英。金以次-超显微金形式存在,主要载金矿物有黄铁矿、褐铁矿、石英、毒砂、粘土矿物,具低温矿物组合与 Au、As、Sb、Hg、Ba 元素组合特征。矿床

围岩蚀变发育,与成矿有关的蚀变作用主要为不规则团块状、粗脉状褐铁矿化,稀疏浸染状、细脉浸染状的黄铁矿化、含砷黄铁矿化、毒砂化,细脉状与网脉状硅化、碳酸盐化、高岭土化、绢云母化。地表含矿破碎带蚀变以方解石化,褐铁矿化为主,方解石和褐铁矿沿破碎带裂隙充填,另外可见粒度稍粗的稀疏浸染黄铁矿化,晶形好,颜色为黄白,地下坑道中矿石可见极强的黄铁矿化,黄铁矿粒度较细,呈暗黄色,矿物颗粒破碎,晶形差,并伴随局部硅化。

碳酸盐化表现为方解石细脉或方解石-石英细脉。高岭土化主要出现在氧化矿石中,与褐铁矿化共生。绢云母化为区域浅变质的蚀变产物。

2 控矿因素

青山金床矿体主要受含矿岩系(层)、岩相和次级构造的控制,具有较好的找矿前景。矿区出露地层为一套古生代海相碎屑-碳酸盐岩沉积建造,经轻微区域变质和热液变质作用,基本保持原岩特征。矿区北部为石炭系界河街组、铁厂铺组,界河街组东厚西薄,以碳酸盐岩为主,地表形成高峻的单面山;铁厂铺组以黑色炭质板岩为主,岩性向西变为砂质板岩、变质砂岩、砂砾岩夹泥绢云母岩。南部为泥盆系九里坪组,为一套由粗到细韵律发育的砂、泥、灰质组分二分及三分韵律低绿片岩相复理石沉积建造,顶部夹薄层燧石条带结晶灰岩。含矿建造主要为泥盆系、石炭系不纯碳酸盐岩,属浅海陆棚相沉积。这套沉积岩系的金含量远高于背景值,构成了矿床良好的矿源层。

青山矿区构造发育,矿体主要赋存于断裂构造或与褶皱构造叠加复合所形成的圈闭构造空间内,根据矿区地质勘查及矿山民采资料,初步总结出三种控矿圈闭构造形式:

① 棋盘格子断裂交汇部位控制矿段和矿体(图2):北东向和东西向两组断裂为容矿构造,共同控制了矿体的分布形态,其中主要以EW和NE向断裂构成的菱形结环状构造控矿在结点处形成囊状矿体。

② “背斜加一刀”(图3):这种控矿构造形式往往由背斜与断裂叠加构成规模较大的“穹状”构造圈闭空间,或者由背斜倾没端与含矿层间滑脱面联合控制,而且容易产出品位高、厚度大的矿床。

③ 层间破碎带:区内破碎带为褐铁矿化角砾岩,角砾成分均为同层灰岩、方解石、褐铁矿。角砾大小悬殊、棱角明显,胶结物为褐铁矿,地表含矿破碎带蚀变以方解石化,褐铁矿化为主,褐铁矿沿裂隙充填成细脉状及不规则团块状。地下坑道中矿石可见极强的黄铁矿化、硅化,层间破碎带直接控制了矿体的分布^[12]。

3 基本分析统计规律

一般而言,热液矿床成矿元素品位的轴向分带规律具有重要的找矿指导意义,对矿区矿石样品基本分析结果进行统计,总结出从地表到深部矿石金和铁品位的变化规律,以蒿滩沟3-1铁金矿体与青山寨4-1铁金矿体为例,高程分别为1077.2~

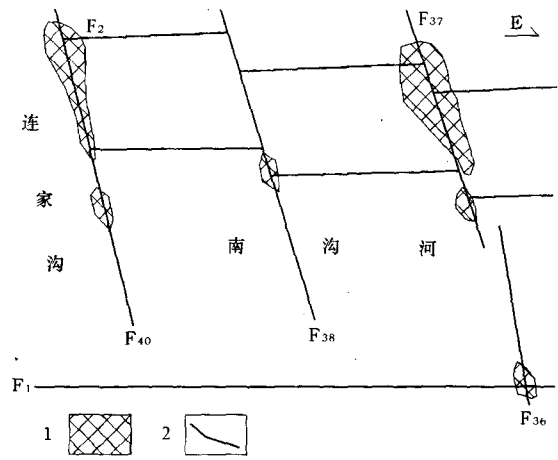


图2 峡口矿段菱形结环构造格局控矿平面示意图 (据文献[12]修编)

Fig. 2 The schematic sketch of ore-controlling by the lozenge shaped knot pattern in Xiakou ore section (modified after[12])

1—矿(化)体;2—断层
1—mineralized body; 2—fault

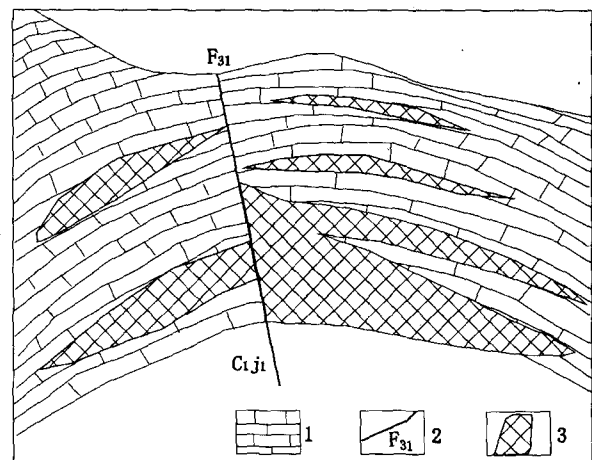


图3 朱家沟矿段“背斜加一刀”控矿示意图 (据文献[12]修编)

Fig. 3 The schematic ore-controlling sketch of “a strike fault over an anticline” in Zhujiagou ore section (modified after[12])

1—灰岩; 2—断层及其编号; 3—矿体
1—limestone; 2—fault and serial number; 3—ore body

1187.2 m, 1103.2~1306.2 m, 平硐越深,地表探槽工程位置越低,矿体厚度越大(图4a, 4b);蒿滩沟3-1铁金矿体、青山寨4-1铁金矿体、龙王沟1-1铁金矿体、1-2铁金矿体地表探槽与地下平硐高程范围为1077.2 m~1476 m, 高程越低,矿体金与铁品位越高(图4c, 4d, 4e, 4f)。由此可揭示青山金矿

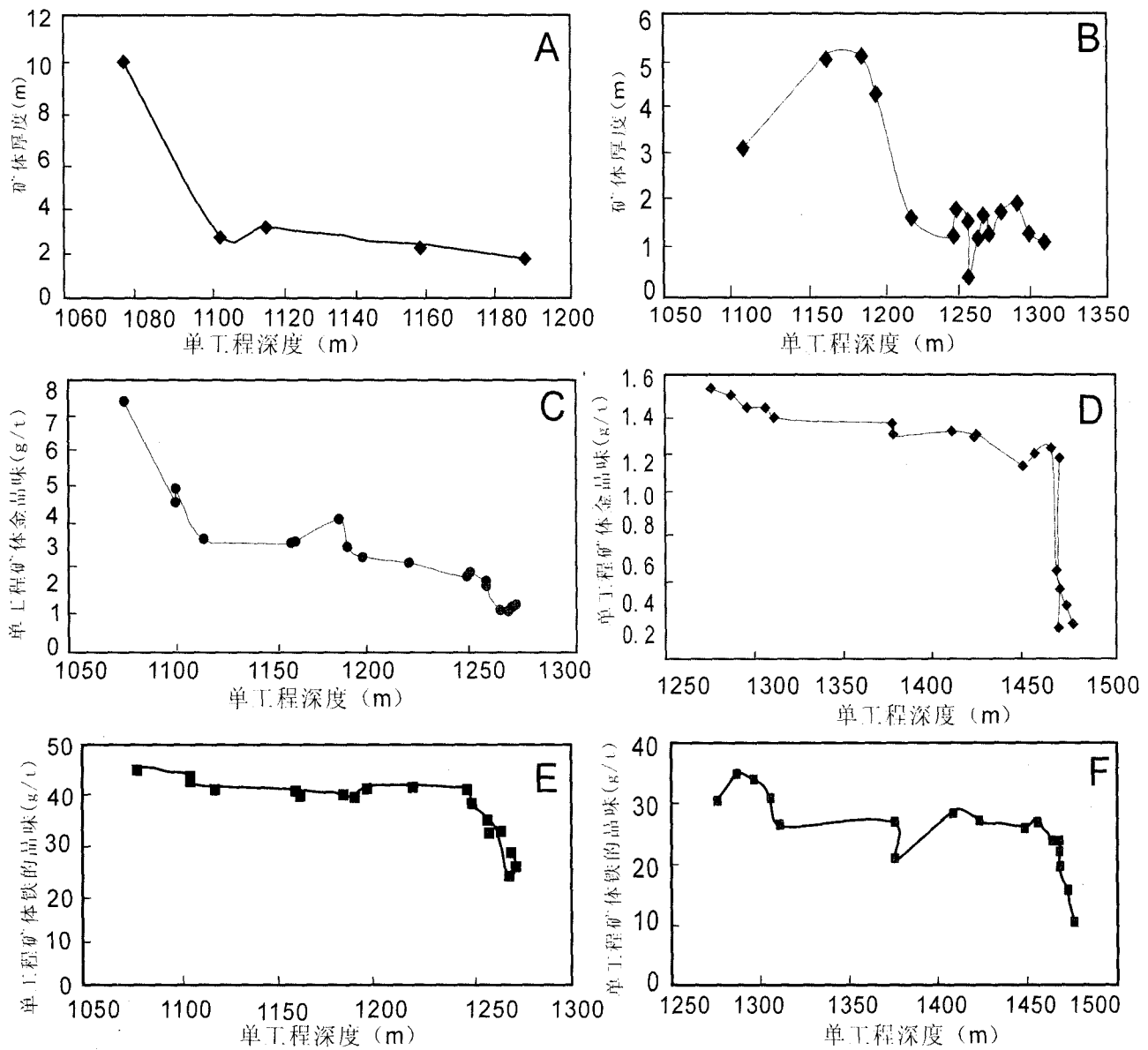


图4 青山金矿典型铁金矿体厚度与品位变化趋势图

Fig. 4 Covariation diagrams of thickness and grade of the typical iron-gold deposit of Qingshan

A—蒿滩沟铁金矿体厚度变化趋势图；B—青山寨铁金矿体厚度变化趋势图；C—1077.2 ~ 1269.3m 深度范围内铁金矿体金品位变化趋势图；D—1275.2 ~ 1476m 深度范围内铁金矿体金品位变化趋势图；E—1275.2 ~ 1476m 深度范围内铁金矿体铁品位变化趋势图；F—1077.2 ~ 1269.3m 深度范围内铁金矿体铁品位变化趋势图

A—thickness changing trend of iron-gold orebody in Haotanggou; B—thickness changing trend of iron-gold orebody in Qingshanzhai; C—gold grade changing trend of iron-gold orebody in 1077.2 ~ 1269.3m deep range; D—gold grade changing trend of iron-gold orebody in 1275.2 ~ 1476 m deep range; E—iron grade changing trend of iron-gold orebody in 1275.2 ~ 1476 m deep range; F—iron grade changing trend of iron-gold orebody in 1077.2 ~ 1269.3 m deep range

从地表到深部金和铁的品位的变化趋势是越来越高。因此,通过以上统计规律,可以推测在矿区1077m 深度之下可能还存在隐伏矿化。

4 黄铁矿标型特征

利用黄铁矿标型找金与远景评价具有十分重要

的意义。当前,利用金矿床中黄铁矿标型特征,评价金矿赋存部位,甚至评价金矿体剥蚀深度比较有效^[13]。根据矿脉(体)内或含金地质体中含金黄铁矿的标型特征发育程度来进行矿体或矿化体的远景评价。

青山金矿床含金黄铁矿的标型特征明显,含金

黄铁矿的颜色一般较深,呈暗黄色、灰黄色,晶形差,多呈五角十二面体或复杂聚形晶,矿物颗粒较细(图5A、B),处于构造变形强烈部位,稠密浸染状分布,反射率及硬度都较低,矿物共生组合复杂,本矿区部分矿段细粒黄铁矿较发育。

含金黄铁矿晶体形态空间分布规律表现为:①立方体主要分布于矿体的头部和边部。②矿体的中上部以五角十二面体和五角十二面体与立方体聚

形为主。③矿体中部以五角十二面体和五角十二面体与立方体聚形为主,聚形中含量。④矿体下部以五角十二面体和八面体构成的聚形为主。⑤矿体尾部以立方体和八面体为主^[9]。在青山金矿已开采平硐中,黄铁矿晶体形态以五角十二面体和五角十二面体与立方体聚型为主(图5C、D),八面体少见。据此推测已揭露矿体仅为矿体中上部,预示矿脉有继续下延的可能,深部还具有较大的成矿潜力。

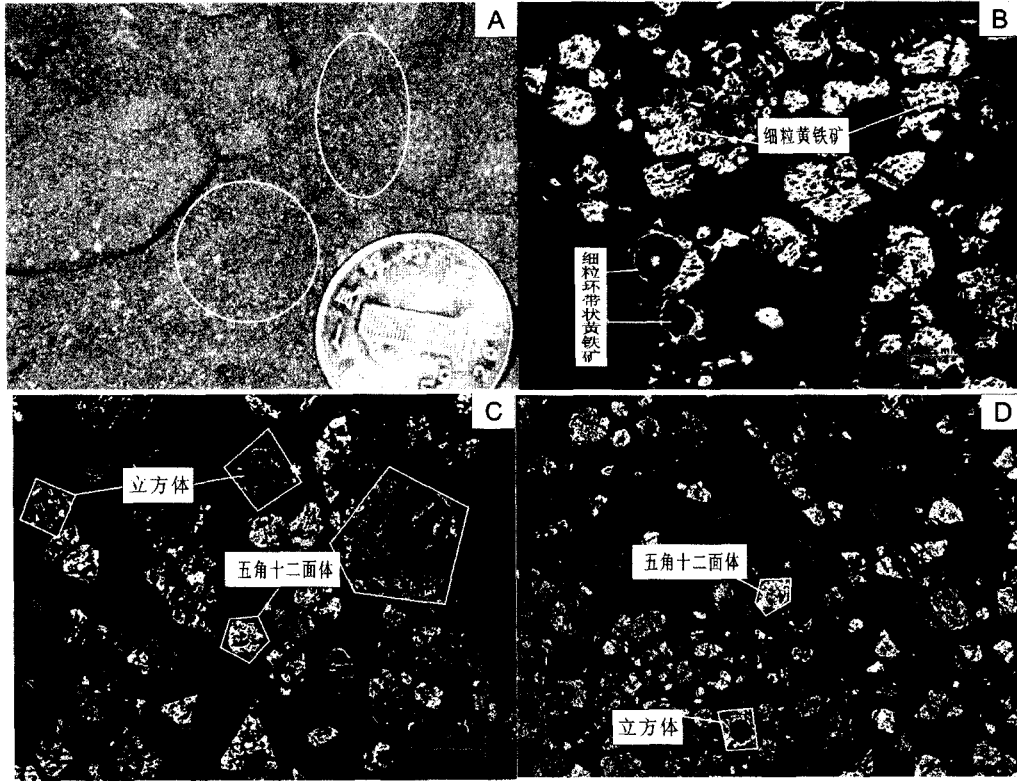


图5 青山金矿不同形态黄铁矿

Fig. 5 Different shapes of pyrites in Qingshan gold deposit

A—细粒硫铁矿石; B—显微镜下细粒黄铁矿; C、D—五角十二面体与立方体晶形黄铁矿

A—fine sulfur iron ore; B—fine pyrites under the microscope; C, D—pentagon dodecahedron and crystal cube pyrite

5 成矿流体特征

5.1 流体包裹体特征

通过包裹体研究进行找矿预测,是现代成矿规律、成矿预测理论与测试方法研究的重要发展方向^[14-15]。目前各种地质压力计均是一种近似方法,且本矿床属浅成低温热液矿床,笔者采用经验公式: $T_0 = 374 + 9.20 \times \omega$, $P_0 = 219 + 26.20 \times \omega$, $P_1 = P_0 \times T_1/T_0$, $H_1 = P_1/(300 \times 10^5)$ 。在公式中, T_0 为初始温度(°C); P_0 为初始压力值(10^5 Pa); T_1 为成矿实际温度(°C); P_1 为成矿压力值(10^5 Pa); H_1 为成矿深度(km); ω 为成矿流体盐度(NaCl%)。青山菱铁

矿-铁帽型金矿床主成矿阶段流体包裹体平均均一温度为195°C,平均盐度为7.88wt%,由此推算出成矿压力为 186.5×10^5 Pa,成矿深度为0.6217 km。这与地质情况基本吻合,表明了矿质是在浅部低压环境下沉淀就位的。在矿区工程内所采集样品中未发现矿体主要部位发育的标志—沸腾包裹体群,仅见到单相及气液比均较小的两相包裹体(图6)。成矿流体从深部向地表上升时经历的是一个降压过程,当静水压降低到该流体的饱和气体压力时,进一步再降压,伴随流体的上升和断裂的张开,就会产生沸腾,沸腾作用会引起金属的沉淀,主要原因是气体的分离散失。一方面流体中部分气体散失而提高了

流体中金属元素的浓度,从而造成矿质过饱和沉淀。另一方面,由于逸离的气体挥发性组分主要为酸性组分,如 CO₂、H₂S 等,造成流体 pH 值的上升和还原硫浓度的增加,引起矿石的沉淀^[16-18]。推测工程控制深度远远达不到矿体底部赋存深度。

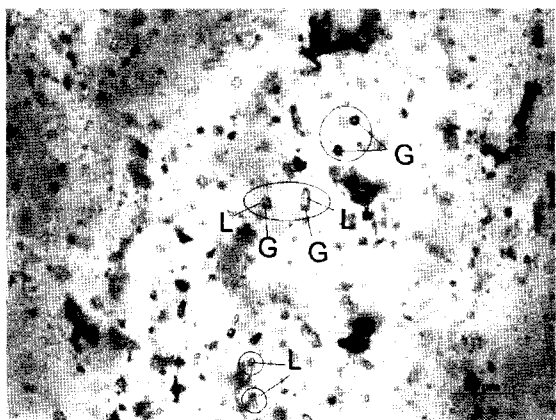


图6 单相、气液两相流体包裹体

Fig. 6 Fluid inclusions in single phase and gas-liquid phase

G—气相;L—液相

G—gas phase; L—liquid phase

5.2 成矿流体主要物化参数的纵向变化

① 温度、盐度、密度的纵向变化及深部预测

经过分析本矿区成矿溶液温度、盐度的纵向变化,均一温度、盐度在垂向上呈正弦波状变化(图7),高低相间,基本稳定,反映在开拓系统中成矿物化条件没有明显变化,这一特征表明深部矿化状况与上部相似。换句话说,地下深部具有广阔的找矿前景^[19-20]。

② 包体成分变化及深部预测

在热液金矿形成过程中,金属元素多以络合物形式迁移,而挥发份是促成络合物形成的重要因素^[21-23],成矿作用中,金属离子常与挥发份含量呈正相关关系,故包裹体中气体含量的变化为深部成矿预测提供了重要信息^[24]。CO₂/H₂O 比值可作为

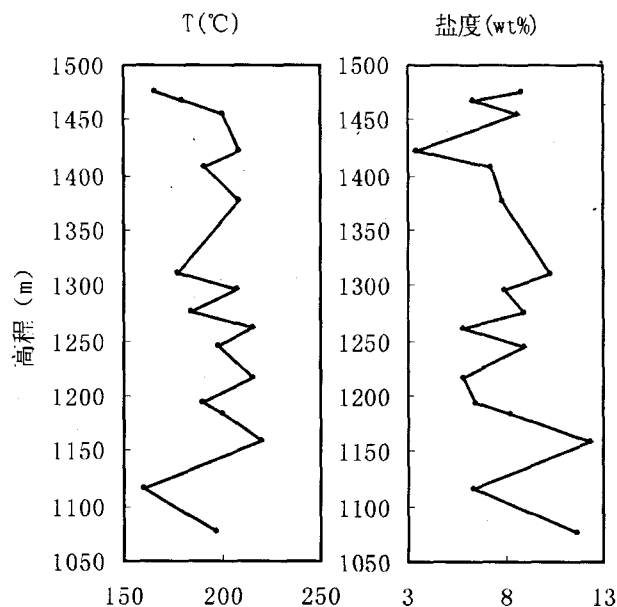


图7 青山金矿床不同高程流体包裹体温度,盐度纵向变化趋势图

Fig. 7 Vertical variation of fluid inclusion's temperature and salinity in Qingshan gold deposit

金的勘探指标,在一定范围内,CO₂ 含量越多越富集,认为 CO₂/H₂O 大于 0.5 为金富集的标志^[25]。

本矿区方解石脉流体包裹体中 CO₂、H₂O 含量极高,约占包体总成分的 90% 以上(表 1),CO₂/H₂O 比值平均 0.79,多大于 1,显然应富集金,这与地质事实一致,在包体成分垂向变化上,各中段 CO₂/H₂O 比值无明显变化,更无向下减低趋势,由此可以推断,100 米以下金矿体仍有较大延深。综上所述,包体测温资料和包体化学成分都可作为金矿成矿预测的主要标志,结合地质特征分析,深部应有类似于浅部的富金矿体存在。

6 矿床成矿模式

通过流体包裹体的研究,青山金矿床主成矿阶段温度集中在 160~220℃,成矿流体成分的组合类型为 Ca²⁺-Na⁺-HCO₃⁻-Cl⁻型,属重碳酸盐-氯

表1 青山金矿方解石中流体包裹体部分气液相成份

Table 1 Several components of fluid inclusions in Qingshan gold deposit

样品编号	矿物	F ⁻	Cl ⁻	H ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	CO ₂ /H ₂ O
B1-1	方解石	0.35	10.08	333.5	385.5	1.5	0.05	0.12	1.15592
BH03	方解石	0.05	3.05	340.5	580.5	1.5	0.02	0.16	1.70485
PD8-5	菱铁矿	0.1	3.1	778.5	213.5	0.5	0.02	0.22	0.27425
BX046-2	方解石	0.05	1.25	312.2	550.5	1.5	0.02	0.14	1.76329

注:气相成分单位为 10⁻⁶,液相成分单位为 g/l;测试单位:宜昌地质矿产研究所;测试时间:2008 年 11 月

化钠型地热水, $Na^+/K^+ = 0.24 \sim 19.87$, $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ 远小于 1.5, F^- 含量甚微, 表明成矿流体大多来自于地壳沉积盖层中, 反映出本矿床成矿流体为地下热卤水的性质。氢氧同位素相关图反映矿床成矿流体最初来源为大气降水, 渗透成为地下热卤水, 与流体包裹体成分所表现的特征相一致。因此, 该矿床为经地热驱动, 地下热卤水循环萃取矿源层中的矿质形成的热泉金矿床, 属浅成低温热液金矿床。

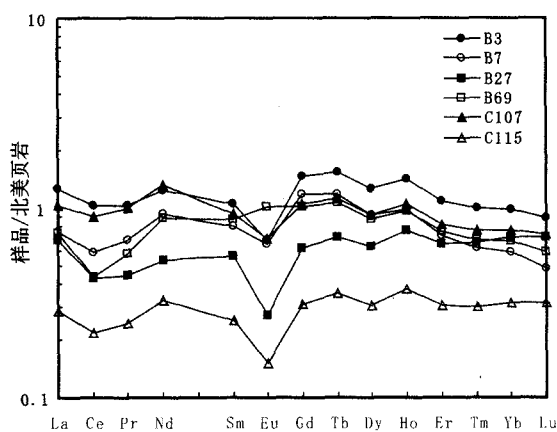


图8 青山金矿床炭质板岩的稀土元素标准化分布型式图
Fig. 8 Standardized mode of distribution of REE in carbonaceous slate in Qingshan gold deposit

B3—炭质板岩; B7—炭质板岩; B27—矿化炭质板岩; B69—泥炭质板岩; C107—含硫化物矿石; C115—含硫化物, 矿化炭质板岩
B3—carbonaceous slate; B7—carbonaceous slate; B27—mineralized carbonaceous slate; B69—peaty slate; C107—gold ores containing sulphide; C115—mineralized carbonaceous slate containing sulphide

本矿区矿源充足, 流体通道发育。矿区上泥盆统九里坪组上段 (D_{3j_2}) 厚度为 197 m, 金的背景值为 1.1×10^{-9} , 低于金的地壳克拉克值, 而在近矿围岩金含量一般为 $15 \times 10^{-9} \sim 78 \times 10^{-9}$, 高出地壳克拉克值的 4~20 倍。另外, 从九里坪组上段 (D_{3j_2}) 炭质板岩, 矿化炭质板岩, 矿石稀土元素组成分布型式图 (图 8) 来看, 三者稀土元素配分型式基本一致, 稀土元素特征表现为, HREE 有富集趋势, ΣREE 低, Ce 为负异常, 显示了热水沉积物的特点。从以上两个方面推断该套地层 Au 被活化迁出转入成矿热液, 为成矿期金的富集提供了物质条件, 构成了丰富的矿源层, 矿区找矿潜力较大。

矿体中硫化物铅同位素 μ 值为 9.45, 高于正常铅 μ 值范围 (8.686~9.49), 而 ω 值为 37.22, 高于正常铅 ω 值 (35.55 ± 0.59)。其中, $^{206}Pb/^{204}Pb$

值为 18.213 ± 0.009 , 高于 18.000, 而 $^{207}Pb/^{204}Pb$ 值为 15.582 ± 0.006 , 高于 15.300, 显示富铀铅的特征。 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 平均值为 38.384 ± 0.025 , 低于 39.000, 显示铀铅亏损不明显。因此, 青山金矿的铅源具典型的造山带的特征。成矿作用与区域上一致, 伴随整个碰撞造山事件, 为碰撞造山过程的挤压伸展转变期, 即属于减压增温体制, 最利于减压分熔和热流体活动, 碰撞造山带导致大规模岩浆作用。青山金矿正是在这种挤压伸展的环境下成矿。在拉张的环境下, 矿区成矿前的近东西向断裂经成矿期南北向或已有的北东向断裂的错断, 再次活化, 或形成新的张性北东向断裂。地热驱动下渗雨水循环构成地下水-热液环流系统萃取矿源层中的铁、金等物质。当热液流体挤压应力积累达到相当程度时释放使岩石产生破裂, 成矿流体中的含金络离子由于温度、压力等物理化学条件的改变, 向减压带运移, 沿着有利的构造在有利的地层部位形成含金黄铁矿-菱铁矿矿体。随着地壳的不断抬升, 原生矿经氧化作用形成铁帽。

根据青山金矿床地质特征及地球化学特点, 并结合大量同类型金矿成矿模式, 综上所述, 建立了该矿床的热泉型金矿成矿模式图 (图 9)。一般而言, 热泉型金矿沸腾带上、下 500 m 均垂直范围内存在富金矿体, 而目前从包裹体特征及野外地质现象来看, 地表剥蚀可能在图中现代地平面附近, 也就是说工程控制深度只达到浅部矿体, 远未达到沸腾带。因此深部存在较大金矿体的可能性很高。

7 结论

从目前的地质调查评价成果和研究成果分析, 青山金矿以其独特而优越的区域成矿背景和长期而复杂的成矿过程, 展示了区域地质找矿的广阔前景。矿区内矿化分布范围广, 成矿中心多, 热泉活动强烈。预测青山金矿远景资源量较大, 找矿潜力极佳, 无论是在矿区本部还是外围, 开展资源评价、增加资源储量的潜力空间非常大。目前本区勘探深度浅 (不及地表以下 100 m)、勘探程度低, 进一步加强对本区的成矿规律研究和矿产勘查工作, 随着钻孔深部控制工作的深入, 必将会取得更新更大的突破。

致谢: 本文的实验室工作是在宜昌地质矿产研究所黄惠兰高工、李芳助工的指导与帮助下完成的, 谨在此深表谢意。

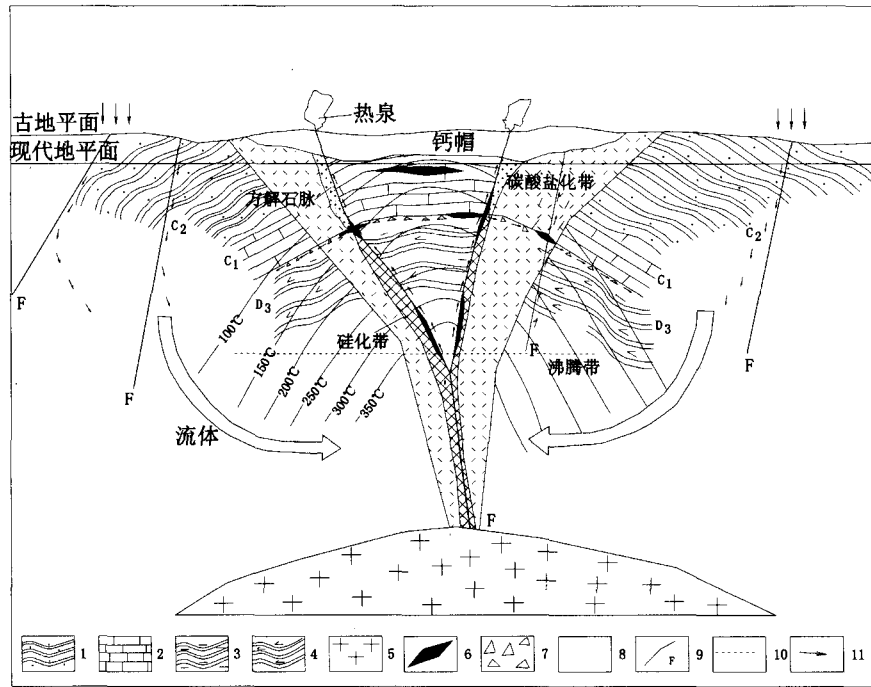


图9 青山金矿成矿模式图

Fig. 9 The metallogenetic model of Qingshan gold deposit

- 1—泥质板岩; 2—灰岩; 3—炭质板岩; 4—钙质板岩; 5—浅成侵入岩; 6—矿体; 7—层间破碎带; 8—假整合线; 9—断层; 10—沸腾带; 11—流体运移方向
- 1—argillite; 2—limestone; 3—carbonaceous slate; 4—calcareous slate; 5—shallow intrusive rock; 6—orebody; 7—Inter-layered fracture zone; 8—disconformity line; 9—fault; 10—boiling zone; 11—transport direction of fluid

[参考文献]

[1] 谢玉玲, 钱大益, 徐九华. 南秦岭泥盆系典型金矿床高盐度流体及其深源特征[J]. 岩石学报, 2000, 16(4): 655-660.
Xie Yu-ling, Qian Da-yi, Xu Jiu-hua. Study on high saline ore-forming fluid and its deep-source characteristics of typical gold deposits in Devonian, south Qinling, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(4): 655-660.

[2] 吴烈善, 彭省临. 中国微细浸染型金矿床围岩蚀变地质特征[J]. 地质找矿论丛, 2000, 16(4): 151-160.
Wu Lie-shan, Peng Sheng-lin. Geological characteristics of wall-rock alteration of micro-disseminated gold deposits in China[J]. Contributions To Geology and Mineral Resources Research, 2000, 16(4): 151-160.

[3] 朱多录, 张旺定, 邓海军, 尹万玉. 秦岭地区礼县-山阳断裂对金矿控制的初步探讨[J]. 黄金, 2004, 25(11): 15-19.
Zhu Duo-lu, Zhang Wang-ding, Deng Hai-jun, Yin Wan-yu. Preliminary discussion on Lixian-Shanyang fault, Qinling region in controlling gold ore metallogeny[J]. Gold, 2004, 25(11): 15-19.

[4] 侯满堂, 齐文. 陕西深部找矿进展及找矿建议[J]. 陕西地质, 2007, 25(2): 1-10.
Hou Man-tang, Qi Wen. Recommendations for further oreprospecting at depth in Shanxi Province[J]. Geology of Shanxi, 2007, 25(2): 1-10.

[5] 吕才玉, 曹晓生, 肖福权. 安徽铜官山矿床成矿地质特征及深

部成矿预测[J]. 地质与勘探, 2007, 43(6): 12-16.
Lv Cai-yu, Cao Xiao-sheng, Xiao Fu-quan. The Geological features and prospecting potential in the deep of Tongguangshan deposit, Anhui[J]. Geology and Exploration, 2007, 43(6): 12-16.

[6] 张学权, 胡鸿飞, 刘萍. 内蒙古赛乌素金矿床成矿地质特征及找矿预测[J]. 地质与勘探, 2007, 43(4): 36-40.
Zhang Xue-quan, Hu Hong-fei, Liu Ping. Geological features and prospecting forecast of the Saiwusu gold deposit, Inner Mongolia[J]. Geology and Exploration, 2007, 43(4): 36-40.

[7] 刘志明, 张万平, 黄国平, 方冬生, 江为民. 湖北省红石地区叶家小湾金矿基本特征及找矿模型[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5): 33-37.
Liu Zhong-ming, Zhang Wan-ping, Huang Guo-ping, Fang Dong-sheng, Jiang Wei-min. Basic characteristics gold deposit in Hongshi area, Hubei[J]. Geology and Exploration, 2002, 38(5): 33-37.

[8] 罗卫, 戴塔根, 游先军. 湘西南金矿成矿规律与成矿预测研究[J]. 地质与勘探, 2007, 43(6): 42-46.
Luo Wei, Dai Ta-gen, You Xian-jun. Metallogenic regularities and predictions of Au deposit in the south west Hunan province[J]. Geology and Exploration, 2007, 43(6): 42-46.

[9] 李德威. 理论预测与科学找矿—以西藏冈底斯斑岩铜矿为例[J]. 地质科技情报, 2006, 24(3): 48-54.
Li De-wei. Theoretical Prediction and Scientific Exploration:

- The Gangdese Porphyry Copper Deposits in Tibet as An Example [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2006, 24(3): 48 - 54.
- [10] 翟裕生, 邓军, 王建平, 彭润民, 刘家军, 杨立强. 深部找矿研究问题[J]. *矿床地质*, 2004, 23(2): 142 - 149.
Zhai Yu - sheng, Deng Jun, Wang Jian - ping, Peng Run - ming, Liu Jia - jun, Yang Li - qiang. Researches on Deep Ore Prospecting[J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23(2): 142 - 149.
- [11] 李惠, 岑况, 沈铺立, 吴悦斌, 张国义, 张连发, 禹斌. 危机矿山深部及其外围盲矿预测的化探新方法及其最佳组合[J]. *地质与勘探*, 2006, 42(64): 62 - 66.
Li Hui, Cen Kuang, Shen Yong - li, Wu Yue - bin, Zhang Guo - yi, Zhang Lian - fa, Yu Bin. New geochemical methods and best technique combination for prediction of blind orebody in the deep and surrounding of crisis mines [J]. *Geology and Exploration*, 2006, 42(64): 62 - 66.
- [12] 陈兵, 汪雄武, 周云, 彭慧娟, 秦志鹏. 陕西青山金矿床控矿因素及成因分析[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2009, 36(3): 320 - 325.
Chen Bing, Wang Xiong - wu, Peng Hui - juan, Zhou Yun, Qin Zhi - peng. Probe into geological characteristics, ore - controlling factors, and genesis of Qingshan gold deposit in south Qinling [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2009, 42(2): 320 - 325.
- [13] 陈光远, 孙岱生, 张立. 黄铁矿成因形态学[J]. *现代地质*, 1987, 1(1): 60 - 76.
Chen Guang - yuan, Sun Dai - sheng, Zhang Li. Morphogenesis of Pyrite[J]. *Geoscience*, 1987, 1(1): 60 - 76.
- [14] Andreas Schmidt Mumm, Christopher Clark, Roger Skirrow. Mineral exploration under cover; Characterizing mineralizing fluid systems[J]. *Journal of Gechemical Exploration*, 2006, 89: 359 - 362.
- [15] J. Kelly, J. Parnell, H. H. Chen. Application of fluid inclusions to studies of fractured sandstone reservoirs [J]. *Journal of Gechemical Exploration*, 2000, 69 - 70: 705 - 709.
- [16] Ken Ichiro, Tohru Maruyama, Hisao Satoh. Precipitation of gold in a low - sulfidation epithermal gold deposit; insights from submillimeter - scale oxygen isotope analysis of vein quartz[J]. *Economic Geology*, 2001, 96: 211 - 216.
- [17] S. E. Ioannou, E. T. C. Spooner. Miocene Epithermal Au - Ag Vein Mineralization, Dixie Claims, Midas District, North - Central Nevada; Characteristics and Controls [J]. *Exploration Mining Geology*, 2000, 9: 233 - 252.
- [18] 要梅娟, 申俊峰, 李胜荣, 曹焱. 石英流体包裹体的岩相学和热爆参数填图在前河金矿中的应用[J]. *地质与勘探*, 2008, 44(6): 56 - 61.
Yao Mei - juan, Shen Jun - feng, Li Sheng - rong, Cao Ye. Application of mapping of petrography and decrepitation parameters of fluid inclusions in quartz at Qianhe gold deposit [J]. *Geology and Exploration*, 2008, 44(6): 56 - 61.
- [19] Douglas W. Haynes. Olympic Dam Ore Genesis: A Fluid - Mixing Model [J]. *Economic Geology*, 1995, 90: 281 - 307.
- [20] R. Klend, S. Ott. Compositional characteristics of fluid inclusions as exploration tool for Au - mineralization at Larafella, Burkina Faso [J]. *Journal of Gechemical Exploration*, 1997, 59: 251 - 258.
- [21] 周涛发, 刘晓东, 袁峰, 赵勇, 岳书仓. 安徽月山矿田成矿流体中铜、金的迁移形式和沉淀的物理化学条件[J]. *岩石学报*, 2000, 16(4): 551 - 558.
Zhou Tao - fa, Liu Xiao - dong, Yuan Feng, Zhao Yong, Yue Shu - cang. Migrating forms and depositional physicochemical conditions of copper, gold in hydrothermal solutions of Yueshan ore-field, Anhui province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2000, 16(4): 551 - 558.
- [22] Gleb S. Pokrovski, Boris R. Tagirov, Jacques Schott. An in situ X - ray absorption spectroscopy study of gold - chloride complexing in hydrothermal fluids [J]. *Chemical Geology*, 2009, 259: 17 - 29.
- [23] Terrence P. Mernagh. Transport and Precipitation of Gold in Phanerozoic Metamorphic Terranes from Chemical Modeling of Fluid - Rock Interaction [J]. *Economic Geology*, 2008, 103: 1613 - 1640.
- [24] Frederick M. Haynes, Stephen E. Kesler. Fluid inclusion chemistry in the exploration for Mississippi Valley - type deposits: an example from East Tennessee, U. S. A. [J]. *Applied Geochemistry*, 1987, 2: 321 - 327.
- [25] Pierfranco Lattanzi. Applications of fluid inclusions in the study and exploration of mineral deposits [J]. *Eur. J. Mineral*, 1991, 16: 698 - 701.

The Evaluation of Ore Potential in Depth of Qingshan Gold deposit, Shaanxi Province

ZHOU Yun, WANG Xiong - wu, CHEN Bing, QIN Zhi - peng, PENG Hui - juan
(College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract: Based on the geological setting of the deposit genesis and the features of Qingshan gold deposit in Shaanxi, we studied the ore - prospecting targets in the deep and peripheral area of Qingshan gold deposit, ore control factors, statistical law of the ore - forming elements' s basic analysis, typomorphic features of the pyrite, ore - forming fluids characteristics and the metallogenetic model. The orebody are mainly controlled by ore - bearing rock series, lithofacies and secondary tectonics. The grade of gold and iron is higher from deep to upper level. The crystal form of pyrite is mainly pentagonal dodecahedron and its complex with cube. Fluid inclusions occurred in single phase and gas - liquid phase. Homogenization temperatures and salinity changed sinusoidally. Based on that discussion, the ore - genesis model of hot spring water of Qingshan gold deposit is established. It is suggested that the deep part of Qingshan gold deposit are an important prospective area of locating the blind ore body.

Key words: prediction, ore prospecting, Qingshan gold deposit, Shaanxi province