金属矿产

陕西洛南寺耳金矿成矿规律与成矿预测

方贵聪[1]， 陈远荣[2]， 蒋宗林[2]， 李建中[2]， 曾少尉[2]， 严新泺[2]
（1. 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037;2. 桂林理工大学地球科学学院,广西桂林 541004）

[摘 要]陕西寺耳金矿成矿地质背景在小秦岭地区具有代表性,为了揭示其成矿规律和深部成矿潜力,为本区及小秦岭其它地区找矿提供借鉴,文章在分析寺耳金矿成矿地质背景和矿床地质特征的基础上,研究其成矿特点,发现矿区内矿化带、矿脉(体)多呈等距性分布,硅化、黄铁矿化、钾化与金矿化关系密切,烟灰色石英、钾长石和黄铁矿组合对金矿化具有明显的指示性,小秦岭地区金矿化类型从浅部至深部由石英脉型转变为蚀变岩型的垂向变化规律具有普遍性;结合成矿规律,通过分析矿区内Q501、Q502、Q529三条主矿脉的原生晕指示元素含量轴向变化规律进行成矿预测,指出Q501、Q502矿脉深部具有较大的成矿潜力,Q529矿脉深部成矿潜力有待今后探矿工程验证。

[关键词]成矿规律 原生晕 指示元素 小秦岭 寺耳金矿
[中图分类号]P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2011)06-1091-8

Fang Gui-cong, Chen Yuan-rong, Jiang Zong-lin, Li Jian-zhong, Zeng Shao-wei, Yan Xin-luo. Ore-forming regularities and mineralization forecast of the Si'er gold deposit in Luonan, Shaanxi Province[J]. Geology and Exploration,2011,47(6):1091-1098.

小秦岭地区金矿资源丰富,已发现众多中-大型金矿床,如文峪、东闯、大湖、东桐峪、藏珠峪、潼峪、胭脂河、驾鹿、葫芦沟、陈耳、寺耳等,是我国重要黄金产区之一。众多专家和学者在此开展过研究工作,并取得了丰硕的成果(胡志宏等,1986;王亨治,1987;喻积贤,1998;白万成等,2000;颜正信等,2007;高世贤,2009;冯建之,2010)。目前,各矿区浅部的矿体已基本采空,矿山资源枯竭的危机急需解决。寺耳金矿位于小秦岭中部偏南,胭脂河上游洞沟一带(图1),是小秦岭地区具有代表性的典型矿床之一,而前人对该区的研究甚少。本文旨在通过对其成矿规律进行研究和总结,并开展深部找矿预测,有助于由点及面,为小秦岭矿田其它地区找矿勘探提供借鉴,具有重要的理论意义和现实意义。

1 成矿地质背景

寺耳金矿所处的小秦岭金矿田位于太华隆起处,西起陕西华山,东至河南省灵宝-朱阳盆地西北边缘,南北分别以朱家沟断裂(又称巡马道断裂)和太要断裂(又称山前断裂)为界,南邻金堆城台凹,北接渭河裂谷带,呈不规则带状(图1)。

矿田内出露地层主要为太古界太华群,为一套酸性、中性、基性火山岩、凝灰岩和沉积岩变质而成的岩系(宫同伦,1991)。主干构造包括东西向的北缘剪切带(太要区域深大断裂)、南缘剪切带以及夹持其中的大月坪-金罗斑大型复背斜。两大剪切带具有切割深度大(胡正国等,1994)、长期发育、多期活动的特点,朱家沟断裂就是南缘剪切带晚期活动在近地表所形成的典型脆性断裂(贾建业,1996),该断裂明显控制了两侧次级断裂的展布,而这些次级断裂又严格制约了金矿脉的发育和规模。矿田内岩浆活动频繁,主要发育晚晋宁期的小河花岗岩、加里东期的辉长辉绿岩脉、印支期的正长斑岩脉和岩株、早燕山期的辉绿岩脉和晚燕山期的华山、文峪、娘娘山花岗岩体等。

寺耳金矿地处大月坪-金罗斑复式背斜南翼,南与朱家沟断裂毗邻,为石英脉型金矿床。

[收稿日期]2010-11-14;[修订日期]2011-04-08;[责任编辑]郝情情。
[基金项目]中国地质调查局大调查项目"全国重要矿产和区域成矿规律研究"(1212010733803)、广宏矿业股份有限公司危机矿山项目(GH2009-01)资助。
[第一作者]方贵聪(1985年—),男,中国地质科学院博士研究生,矿床学专业,主要从事成矿规律和成矿潜力评价工作。E-mail:fanggcong@163.com。

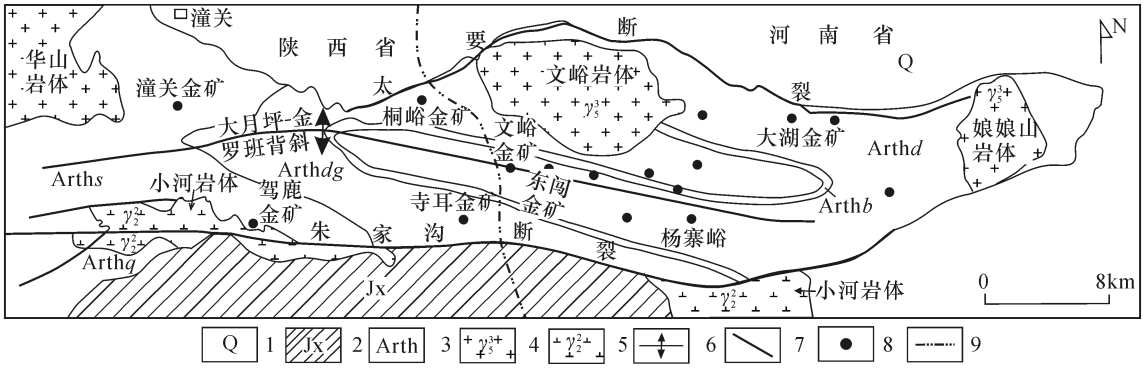


图 1　小秦岭金矿田地质略图(根据聂凤军等,2001 改编)

Fig. 1　Geological sketch map of gold fields in the Xiaoqinling region (modified from Nie *et al.*, 2001)

1-第四系沉积物;2-中元古界碎屑岩和碳酸盐岩;3-太古宙太华群变质岩(Arth*d*-大月坪组,Arth*b*-板石山组,Arth*dg*-洞沟组,Arth*s*-三关庙组,Arth*q*-秦仓沟组);4-早白垩世花岗岩;5-中元古代花岗岩;6-背斜;7-断裂带;8-金矿床;9-省界

1-Quaternary sediments; 2-Mesoproterozoic clastic and carbonate rocks; 3-Archean Taihua Group metamorphic rocks (Arth*d*-Dayueping Formation, Arth*b*-Banshishan Formation, Arth*dg*-Donggou Formation, Arth*s*-Sanguanmiao Formation, Arth*q*-Qincanggou Formation); 4-Early Cretaceous granite; 5-Mesoproterozoic granite; 6-anticlinorium; 7-fault belt; 8-gold deposit; 9-provincial boundary

2　矿床地质特征

矿区主要出露地层为太华群大月坪组、板石山组及洞沟组长石石英岩、黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、混合岩等变质岩系,其中洞沟组分布最广泛,为矿区内矿脉主要产出层位。地层呈单斜构造北西西向展布,倾向南西,倾角一般在 50°~65°之间。矿区北西西向断裂构造发育(图 2),具压扭性、扭性、张扭性等多种性质,倾向南西,倾角多在 41°~50°,局部发育南北向和北东向断裂,但规模较小。这些断裂走向和倾向上普遍具有舒缓波状的特征,并明显控制了区内矿脉的形成。矿区早期脉岩主要有花岗闪长岩、混合花岗岩、花岗伟晶岩等,晚期脉岩主要有早燕山期的辉绿岩脉和晚燕山期的石英脉(陈莉,2006),其中石英脉是与成矿关系最密切也是区内唯一含矿的脉岩。区内分布有 Q501、Q502、Q526、Q529 和 Q534 等 20 余条含金石英脉,总体呈北西西向雁列式排列,走向和倾向上具有膨胀、收缩、分支、复合及尖灭再现等特征。矿区围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,其中黄铁矿化、硅化和钾长石化十分发育,并且与金矿化关系密切。

3　矿区成矿规律

3.1　矿化带、矿脉(体)等距性分布规律

控脉断裂构造的形成是力的作用结果,而地壳中力的传播则呈波的形式(李治堂,1988)。矿脉(体)等距或似等距分布的机制一般认为与应力以一定的波长在较均匀岩石中传递,并在一定的距离内不断聚集与释放有关(范永香等,2003),当应力聚集的地方超过了岩石的承载能力时,便形成断裂。因而,强的应力波套着弱的应力波向前传播,强应力导致的断裂带之间或弱应力导致的断裂个体之间具等间距分布规律,受断裂控制的石英脉自然也具有等间距分布规律。

矿区内石英脉体多呈北西西向斜列式排列,脉体之间的等距性分布规律表现得极为明显,如 Q501、Q502、Q503、Q504 和 Q520 等,各脉之间的距离多在 250~350 m;这种等距性有时并未表现在地表,而是隐藏在地下,如 Q526 和 Q529 之间在地表相隔约 540 m,而经坑道探矿工程发现,在 1840 m 和 1763 m 标高两脉间存在另外一条矿脉。另外,矿区内明显形成南部(包括 Q502、Q501、Q520、Q547 等矿化脉)、中部(包括 Q500、Q506、Q526、Q 531 等矿化脉)和北部(包括 Q529、Q534 等矿化脉)三个矿化带,矿化带之间相距 600~700 m。

受同一断裂控制的矿体也普遍具有等距分布规律,其成因与断裂面的波状起伏、凹凸变化有关,并符合主波长理论(范永香等,2003)。舒缓波状的构造面,形成压扭性空间与张扭性空间相间的构造型式,张性空间利于矿体的形成。对区内含矿石英脉的延伸和产状调查后发现,矿区内的矿脉在走向和倾向上普遍呈舒缓波状,倾角在 45°~55°之间,矿体自身的延长和延深相近,变化于 250~280 m;在水平方向和轴向上,两个主要矿体之间均相隔250~300 m(图 3),本矿区东部相邻的陈耳金矿亦具有类似的规律。

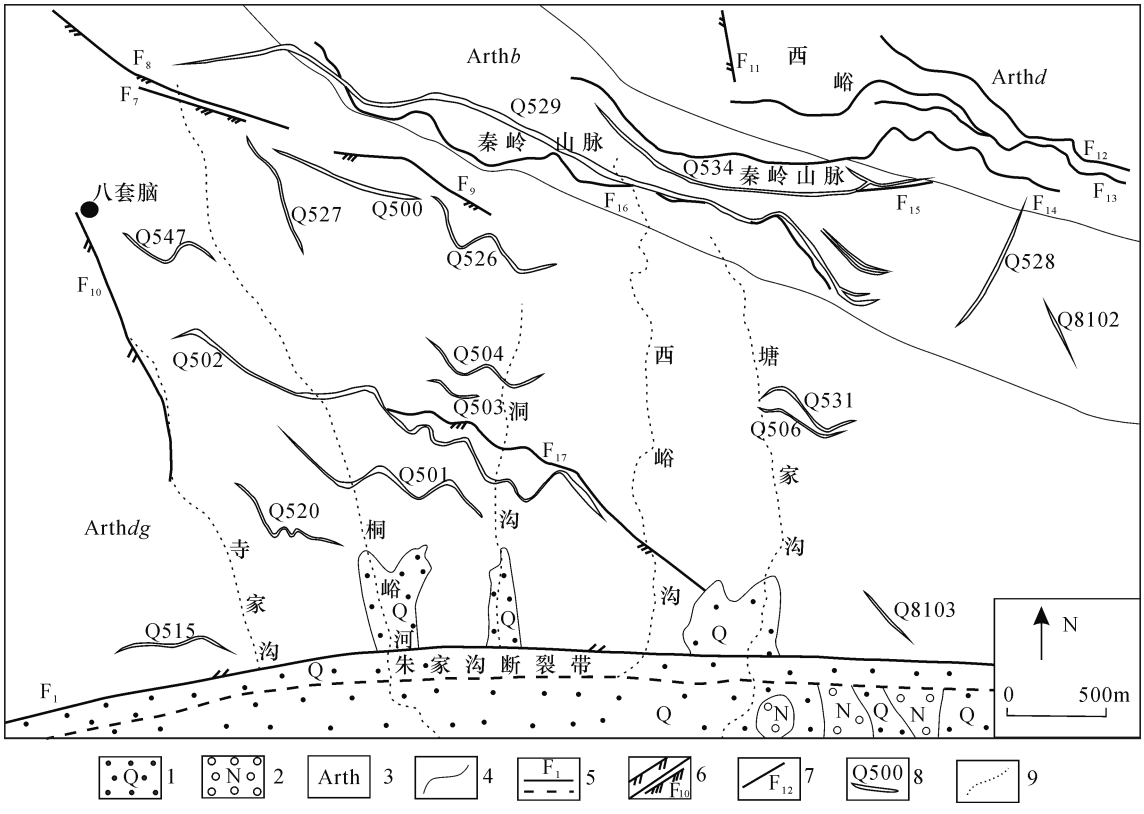


图 2　寺耳金矿床地质略图

Fig. 2　Geological sketch map of the Si'er gold deposit

1-第四系;2-第三系;3-太华群(Arth*d*-大月坪组,Arth*b*-板石山组,Arth*dg*-洞沟组);4-地层界线;5-断裂带;6-张/压扭性断层;7-性质不明断层;8-石英脉及编号;9-河流

1-Quaternary;2-Tertiary;3-Taihua group(Arth*d*-Dayueping Formation,Arth*b*-Banshishan Formation, Arth*dg*-Donggou Formation); 4-stratigraphic boundary;5-fault belt;6-tense-shearing/compress-shearing fault; 7-unknown Fault; 8-quartz vein number;9-river

根据这种等距性分布规律预测潜在的矿体或矿化部位,对矿区深部及外围的找矿勘查无疑具有重要意义。

3.2　矿化类型垂向变化规律

在小秦岭地区,金矿化类型从浅部的石英脉型转变为深部的蚀变岩型的垂向变化规律具有普遍性。这与小秦岭金矿田的大地构造位置和成矿地质背景有关,因为小秦岭金矿田受南北缘两大剪切带控制,而大型剪切带具有浅部形成脆性断裂充填热液形成石英脉型矿体、深部经脆-韧性变形、动力变质形成蚀变岩型矿床的控矿机理。根据对寺耳金矿西部的回马坪、王排沟石英脉型金矿以及葫芦沟蚀变岩型金矿产出标高的统计结果(刘晓峰,1999),王排沟金矿 Q2142,Q04 矿脉产于 1600 ~ 1800 m 标高,回马坪 Q8607 矿脉产于 1380 ~ 1550 m,葫芦沟蚀变岩型金矿产于 1200 ~ 1400 m。在寺耳金矿东部的大湖金矿 19 号矿体在浅中部以石英脉型矿石为主,深部及矿体边缘多为构造蚀变岩型,低标高的 2 号矿体亦以蚀变岩型为主(陈莉,2006)。表明石英脉型金矿出露标高比蚀变岩型金矿高,也就是说石英脉型矿体向深部有可能转变为蚀变岩型矿体。

目前矿区内浅部虽然以石英脉型矿体为主,深部可能产出的蚀变岩型矿体是将来勘查的重要方向。

3.3　围岩蚀变与金矿化关系及矿物共生组合规律

矿区围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,其中黄铁矿化、硅化、钾长石化与金矿化密切伴生。原因在于比重较大的金元素在以氯、硫、有机质的络合物(陈远荣,2003)迁移过程中需要以富含 SiO_2 的热液来承载,而在黄铁矿结晶时,其晶格和晶面间距加大,并形成一定的空隙,同时对金沉淀起着还原作用,极易捕获已活化的金元素(宫同伦,1991),同时,在成矿过程中有机质的参与,会使硅化的颜色加深,形成人们常说的烟灰状硅化;另一方面,金的成矿溶液在搬运迁移过程中,主要表现为弱酸性,当围岩中含有较多的钾时,对成矿溶液具有中和作用,使大量的矿质

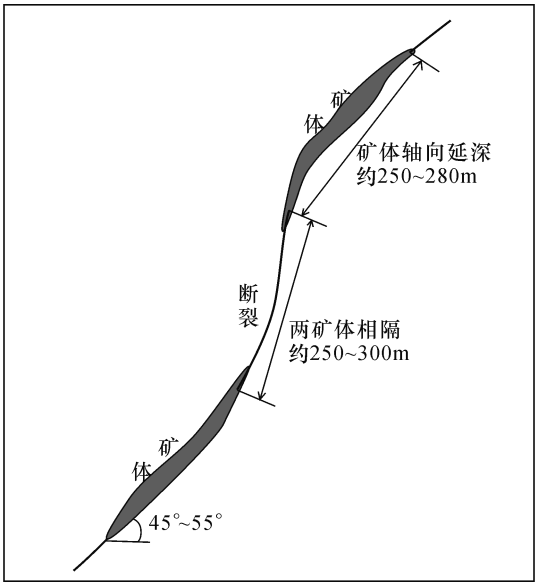


图 3 矿体轴向等距性分布示意图

Fig. 3 Sketch map showing axial isometric distribution of ore bodies

-金得以卸载、富集成矿,并由于常量元素的交换而产生钾化。因此,在太华群提供成矿物质来源(杨宏林,2005)并具备迁移、富集条件的前提下,矿区内黄铁矿化、烟灰状硅化、钾化与金矿化的密切关系自然就不言而喻。特别是这几种蚀变与绢云母化叠加形成黄铁绢英岩化地段,金矿化较富。

矿区内黄铁矿尤其是五角十二面体和他形、半自形黄铁矿(刘瑞等,1997)、石英(尤其是烟灰色石英)、钾长石组合以及黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿组合是金矿化的富集指示性矿物组合。地表矿脉的部分黄铁矿风化成褐铁矿,褐铁矿的存在也为找金提供了一个明显的标志。在找矿勘查中,利用这些矿物共生组合特征来寻找矿脉,是一种简便适用的方法。

4 成矿预测

4.1 预测依据

每条矿脉中每个矿体都有自己的原生晕异常,包括前缘晕、近矿晕和尾晕异常。根据李惠等总结的小秦岭石英脉型金矿构造原生叠加晕模式(李惠等,2004,2008)和我们对寺耳金矿主要矿脉不同标高的元素异常场研究后发现,在矿体及其周围能形成异常的元素有 Au、Ag、As、Sb、Ba、B、Hg、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、Co、Ni 等,这些元素是金矿床的最佳指示元素组合,其中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 异常是以矿体为中心,随远离矿体而浓度降低,为矿体中部指示元素;As、Sb、Hg、B、Ba 等为矿体前缘晕指示元素;W、Mo、Ni、Co、Bi 等为矿体尾晕指示元素。

然而,断裂的多期多阶段活动导致其中形成的原生晕往往不是单一的前缘晕、近矿晕和尾晕,而表现出复杂的叠加晕模式。针对具体的含矿构造,对其中的指示元素含量变化规律及叠加晕异常进行分析研究,能够为深部成矿预测提供有力依据。

(1) 元素的轴向分带序列:正常情况是前缘晕指示元素在上部,尾晕指示元素在下部。出现了"反常"或"反向分带",即前缘晕指示元素在下,尾晕指示元素在上,反映了该矿体尾部有深部矿体前缘晕的叠加。

(2) 地球化学参数轴向变化特点:矿中指示元素是以矿体为中心,随远离矿体而含量降低,前缘晕指示元素和尾晕指示元素分别沿靠近矿体前缘方向和尾部方向含量升高,如果前缘晕指示元素含量或参数 a(a=前缘晕指示元素(含量、累加、累乘)/尾晕指示元素(含量、累加、累乘)(范永香等,2003))从矿体前缘-矿头-矿中部-矿尾一直降低,尾晕指示元素含量一直升高,则指示深部无矿或成矿的可能性很小;如果这些指示元素含量或参数 a 的变化出现反转,反映了矿体体尾部有深部盲矿体的前缘晕叠加。这与元素轴向"反分带"分布及众多研究成果(范永香等,2003;杨宏林等,2005;谭铁龙等,1995;张北廷等,2006)中提出的"前缘晕与尾晕共存"指导深部预测的思想其实是一致的。

4.2 矿区成矿预测

根据上述成矿预测依据,结合现有工作成果,本文主要通过分析矿区主矿脉 Q501、Q502 及 Q529 的原生晕指示元素平均含量轴向变化规律进行成矿预测。

4.2.1 Q501 成矿预测

Q501 矿脉位于矿区中部,为了预测沿矿脉向深部的成矿潜力,选择了中部长约 400 m 的脉段作为研究对象,原因是中部脉段的坑道工程较为规整,便于开展采样工作,且研究意义也具有代表性。在该矿脉 4 个中段(1593、1537、1460 和 1390)沿脉按10 m(局部 20 m)的间隔采集矿样对 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、W、Ni、Mo、Co 等 12 种指示元素进行测试分析,计算出该矿脉各微量元素在不同中段的平均含量变化,并做出各元素含量轴向变化图(图 4)。

(1) 矿体不同部位指示元素含量的变化曲线出现转折的现象,反映了舒缓波状的断裂倾向上较缓部位成矿物质较富集、较陡部位成矿物质较贫乏、矿体呈阶梯状尖灭再现的分布特点。

(2) 从图 4 中可以看出,矿中指示元素平均含

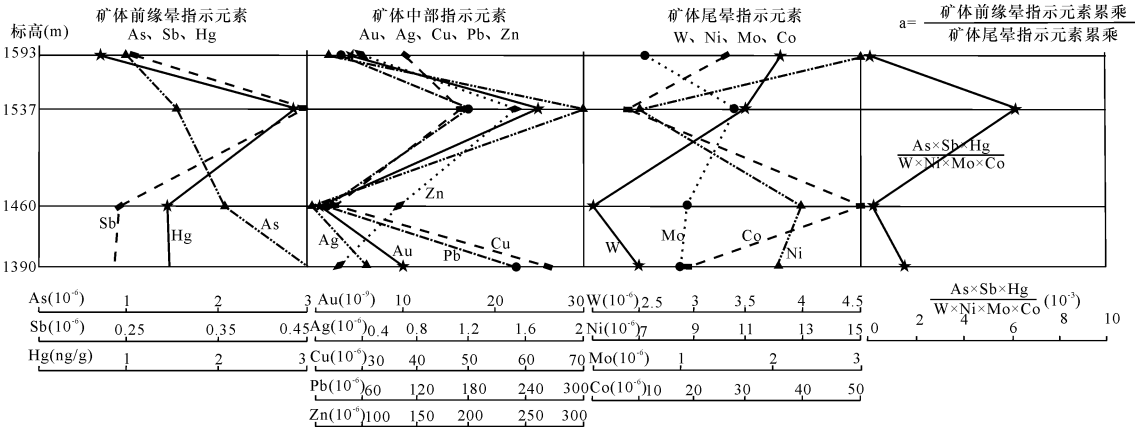


图 4　Q501 指示元素平均含量轴向变化规律

Fig. 4　Axial changing regularities of average content of indicative elements in Q501

量、前缘晕指示元素平均含量和参数 a(此处 a = 前缘晕指示元素累乘/尾晕指示元素累乘,下同)三者总体上呈正相关关系变化,从矿体前缘(1593 中段)至尾缘(1460 中段)均先升后降,在矿体中部(1537 中段)达最高;表明在矿中部位叠加了深部矿体的前缘晕。从矿体前缘至尾缘,尾晕指示元素平均含量总体先降后升,在矿体中部达到最低,表明该矿体前缘有上部矿体的尾晕叠加,导致其平均含量从矿前至矿中有一段降低过程。

(3) 1460 中段以下,矿中指示元素平均含量由降低转为上升,表明下部又有矿体发育;前缘晕元素平均含量和参数 a 总体上不是降低而是升高,表明该标高以下出现矿体的部位又有更深矿体的前缘晕叠加。尾晕元素平均含量降低是上部矿体尾晕叠加的结果。

因此,Q501 矿脉中矿体的原生晕叠加模式为:上部矿体 A 的尾晕叠加在中部矿体 B 的前缘,下部矿体 C 的前缘晕叠加在中部矿体 B 的中心(图 5)。可以判断,Q501 矿脉在 1390m 标高以下仍有较大延伸,而且下部的矿体 C 规模要比中部的矿体 B 大,以至于其前缘晕能叠加至矿体 B 的中心而不是尾缘。根据矿区内矿体倾向上多具有等距分布的规律,并结合按一定比例尺作出的原生晕叠加模型,可以推断深部矿体的中心部位在 1330 ~ 1320 m。

4.2.2　Q502 深部成矿预测

在 Q502 脉中部长约 520 m 脉段的 6 个中段(1912、1912、1730、1593、1315、1910)进行了采样,采样和处理方法与 Q501 类似。从图 6 可以看出,Q502 矿脉的形成同样经历了多次矿化叠加过程,但指示元素平均含量轴向变化规律与 Q501 有所不同。

(1) 从 1912 中段至 1730 中段,矿中指示元素、前缘晕指示元素和尾晕指示元素三者的平均含量呈

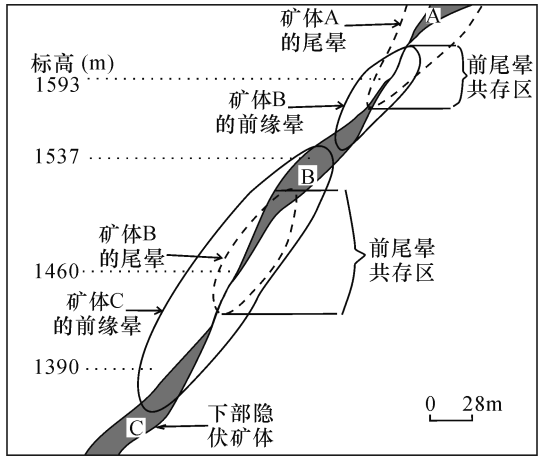


图 5　Q501 矿脉原生叠加晕模型

Fig. 5　Primary overprint halo model of Q501 quartz vein

正相关关系变化,从矿体前缘(1912 中段)至后缘(1730 中段)均先升后降,在矿体中部(1812 中段)达最高;表明在矿中部位同时叠加了上部矿体的尾晕和深部矿体的前缘晕。

(2) 从 1730 中段至 1190 中段,矿中指示元素总体先升后降,反映了另一金矿体的发育,1593 中段至 1315 中段为矿体中部;前缘晕指示元素平均含量和参数 a 在 1593 中段由降转为升,至 1190 中段仍为升高趋势,表明该金矿体尾部有下部矿体的前缘晕叠加;尾晕指示元素平均含量与矿中指示元素平均含量总体呈正相关关系变化,在矿体中部平均含量最高,表明该矿体中部叠加了上部矿体尾晕。但从矿中指示元素的变化来看,1912 中段至 1730 中段出现的矿体规模较小,其形成的尾晕不足以叠加在下部较大矿体的中心,而应叠加在前缘;而从尾晕指示元素含量变化曲线来看,1593 中段至 1315

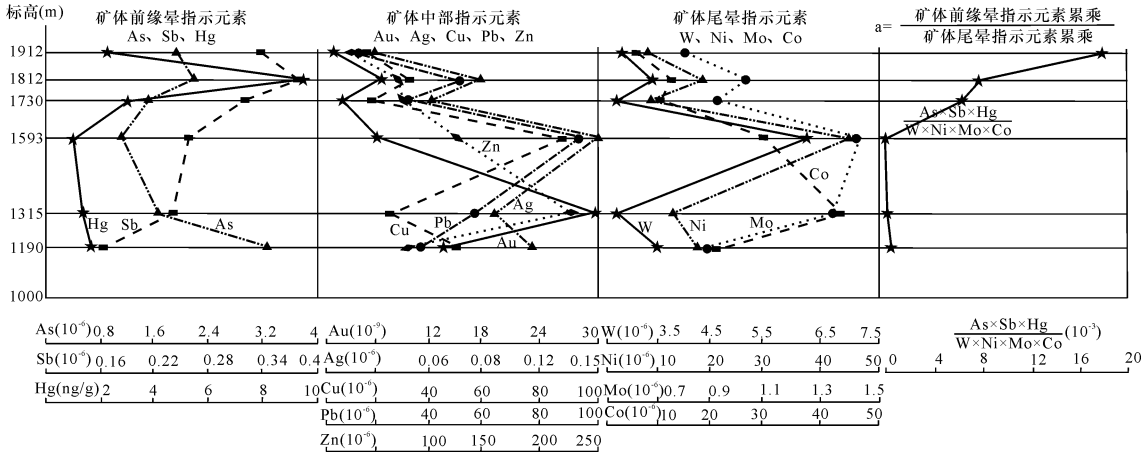


图 6　Q502 指示元素平均含量轴向变化规律

Fig. 6　Axial changing regularities of average content of indicative elements in Q502

中段(矿体中部)形成的尾晕规模较大,这只能解释为在 1912 中段以上有更大规模的矿体,其形成的前缘晕叠加在 1730 中段至 1190 中段之间所形成的矿体中心。

因此,Q502 矿脉中矿体存在两种叠加模式(图 7):一是矿体 B 的中心部位同时叠加了上部矿体 A 的尾晕和下部矿体 C 的前缘晕;二是上部矿体 A 的尾晕叠加在矿体 C 的中心部位,而深部矿体 D 的前缘晕叠加在 C 矿体的尾部,两种叠加模式可能相间出现。可以判断,Q502 矿脉在 1190 m 标高以下仍有出现盲矿体的可能,而且规模一大一小的矿体可能相间出现。根据叠加模型推断 1090 m 标高左右出现较小的矿体,在 880 m 会出现规模较大的矿体。根据小秦岭地区石英脉型金矿和蚀变岩型金矿的空间产出规律,随着标高的降低,Q502 脉深部的金矿类型可能已转变成蚀变岩型金矿。

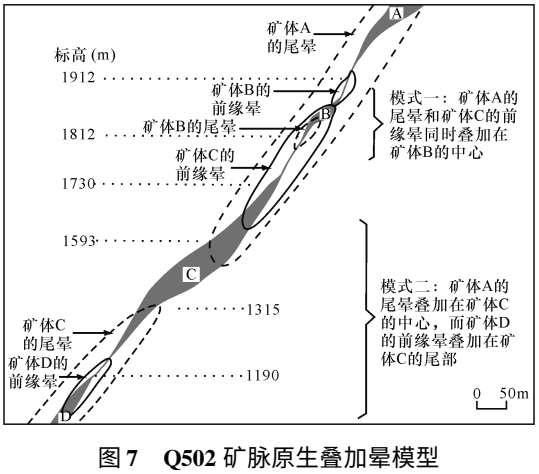


图 7　Q502 矿脉原生叠加晕模型

Fig. 7　Primary overprint halo model of Q502 quartz vein

4.2.3　Q529 成矿预测

在 Q529 脉西部长约 550 m 脉段的 2 个中段进行采样按以上方法进行处理。从图 8 可以看出,在 Q529 的 1840 中段至 1763 中段之间各指示元素平均含量及参数 a 总体呈正相关关系下降,尾晕指示元素的降低是上部矿体尾晕叠加的结果,而前缘指示元素和参数 a 的降低有两种可能:如果从矿体前缘至尾缘两者一直在降低,表明没有深部矿体的前缘晕叠加,深部成矿可能性很小;如果两者在 1840 中段之上存在一段上升的过程,则 Q529 矿脉指示元素叠加规律与 Q502 上部相似,即在矿体中部叠加了深部矿体的前缘晕,深部仍有找矿潜力。其实际潜力有待今后探矿工程验证。

5　结论

通过对陕西寺耳金矿成矿地质背景和矿床地质特征进行分析研究,在系统总结矿区成矿规律的基础上,对矿区主矿脉 Q501、Q502 及 Q529 深部进行成矿预测,取得了以下几点认识:

(1) 寺耳金矿位于小秦岭金矿田中部偏南,成矿地质背景、矿床地质特征及成矿规律在小秦岭地区极具代表性,本次研究成果能为小秦岭矿田其它地区找矿勘探提供借鉴,但有待进一步完善和补充,争取在指导深部找矿的工作中取得更大突破。

(2) 矿区石英脉体多呈北西西向雁行式排列,矿化带、矿脉(体)间具有明显的等距性分布规律;围岩蚀变发育,其中黄铁矿化、硅化、钾化与金矿化关系最为密切,烟灰色石英和黄铁矿组合往往指示了金矿化的发育;小秦岭地区金矿化类型从浅部至深部由石英脉型转变为蚀变岩型的垂向变化规律具有普遍性,因

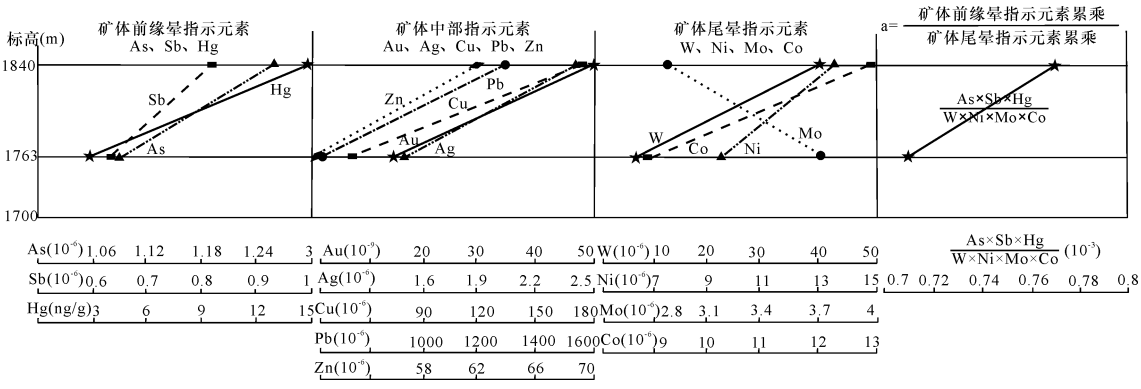


图 8　Q529 指示元素平均含量轴向变化规律

Fig. 8　Axial changing regularities of average content of indicative elements in Q529

此推测寺耳金矿深部可能存在蚀变岩型金矿。

(3) 通过对矿区内 Q501、Q502、Q529 三条矿脉的原生晕指示元素含量轴向变化规律并结合矿区成矿规律进行分析,发现 Q501、Q502 上部矿体中均叠加有下部矿体的前缘晕,可见它们深部仍有较大的找矿潜力;预测 Q501 深部矿体的中心部位在 1330 ~1320 m,预测 Q502 深部矿体产出于 1090 m 和 880 m 标高,而且 880 m 处的矿体规模较 1090 m 处的矿体规模大;对于 Q529 矿脉,建议加大深部探矿工程,以确定深部找矿前景。

致谢　在野外工作和论文编写过程中,承蒙陈远荣老师耐心指导和资助,同时得到了陈晓雁、蒋宗林、李建中等多位的帮助,在此一并表示由衷感谢!

[References]

Bai Wan-cheng, Qing Min. 2000. Tectonic evolution and mi-neralization of the gold field in Xiaoqinling[J]. Gold Geology, 6(2):1-8(in Chinese with English abstract)

Chen Li. 2006. Characteristics of ore-formimg fluid and o-re genesis of Dahu gold deposit, in Xiaoqinling gold area[D]. Beijing: China University of Geosciences:1-88(in Chinese with English abstract)

Chen Yuan-rong, Jia Guo-xiang, Xu Qing-hong. 2003. Resea-rch of new technique on lacation forecast of hidden deposits by gas-methods[M]. Beijing: Geology Publishing House:1-75(in Chinese)

Fan Yong-xiang, Yang Zheng-xi. 2003. Metallogenetic regu- larities and prediction[M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press:1-280(in Chinese)

Feng Jian-zhi. 2010. Mineralization and Material Sources in the Xaoqinling gold deposit[J]. Geoscience, 24(1):12-17(in Chinese with English abstract)

Gao Shi-xian. 2009. The geological characteristics and ge-nesis of Xiaoqinling gold field[J]. Mining Technology, 9(1):120-123(in Chinese with English abstract)

Gong Tong-lun. 1991. The relationship between dynamo- metallogenesis and concentration of Xiaoqinling gold ore field, Shanxi Province [J]. Journal of Xi'an Colleg-e of Geology, 13(1):8-14(in Chinese with English abstract)

Hu Zheng-guo, QianZhuang-Zhi. 1994. Detachment-metamo-rphic complex core structure configuration[J]. Contrib-utions to Geology and Mineral Resources Research, 9(2):58-66(in Chinese with English abstract)

Hu Zhi-hong, Zhou Shun-zhi, Hu Shou-xi, Chen Ze-ming. 1986. Characteristics of migmatites in Taihua group of western Henan inrelationtogoldandmolybdenum min-eralizations[J]. Mineral Deposits, 5(4):71-81(in Chinese with English abstract)

Jia Jian-ye. 1996. The pyrite-forming geological background of Yanzhihe gold deposit, in Xiaoqinling[J]. North-western Geology, 17(3):1-6(in Chinese with English abstract)

Li Hui, Zhang Guo-yi, Gao Yan-long, Zhao Zong-qin, Li De-liang, Yu Bin, Shao Jian-bo, Guo Chao-yan. 2008. The structural superimposed halo model for prognosis of the Xiaoqinling gold ore concentration area[J]. Geoph-ysical & geochemical Exploration, 32(5):525-528(in Chinese with English abstract)

Li Hui, Zhang Guo-yi, Wang Zhi-nong, Zhang Wen-hua, Chen Jun-sheng, Gao Yan-long, He Shui-li, Zhao Zong-qin, Wang Zhi-yuan. 2004. The structural superimposed halo model of quartz-type gold deposits in the Xiaoqinling area[J]. Geology and Prospecting, 20(4):51-54(in Chinese with English abstract)

Li Zhi-tang. 1988. The geological characteristics of the D-awangxiyu gold deposit in Luonan county, Shanxi[J]. Geology of Shanxi, 6(2):1-11(in Chinese with English abstract)

Liu Rui, Wang Bing-en, Wang Zhi-hua, Zhao Hong-guang. 1997. Features of main gold-bearing minerals and their application in prospecting[J]. Geology and Prospecting, 33(3):33-35(in Chinese with English abstract)

Liu Xiao-feng. 1999. Metallogenic conditions and prospect-ing of the Jialu gold ore field, western Xiaoqinling[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 8(1):35-41(in Chinese with English abstract)

Nie Feng-jun, Jiang Si-hong, Zhao Yue-ming. 2001. Lead and sulfur isotopic studies of the Wenyu and the Dongchuang quartz vein type gold deposits in Xiaoqinling Area[J]. Mineral Deposits, 20(2):163-173(in Chinese with English abstract)

Tan Tie-long, Sheng Ji-hu, Jia Jian-ye, Ding Zhen-ju. 1995. Statistics

analysis of geochemical elements and deep metallogenic forecasting of Wenyu gold deposit[J]. Journal East China Geological Institute, 18(4):353-360(in Chinese with English abstract)

Wang Heng-zhi. 1987. Geological characteristics and ore genesis of the Xiaoqinling gold field[J]. Mineral Deposits,6(1):57-67(in Chinese with English abstract)

Yan Zheng-xin,Sun Wei-zhi,Xue Cheng. 2007. Ore-controlling structure rule and blind ore-prospecting of medium-deep part in Xiaoqinling gold ore field-with No. S505 vein as an example in Wenyu gold orefield[J]. Gold Geology, 28(12):17-21(in Chinese with English abstract)

Yang Hong-lin, Han Xiao-yan. 2005. Primary overprint ha-lo of the Hulugou gold deposit in Shanxi Province[J]. Mineral Resource and Geology, 19(6):704-709(in Chinese with English abstract)

Yu Ji-xian. 1998. Division and correlation of late Archaeo-zoic basement metamorphic rock series in Xiaoshan and Xiaoqinling regions[J]. Henan Geology, 16(2):107-113(in Chinese with English abstract)

Zhang Bei-ting,Shao Jian-bo, Song Chang-bao. 2006. The s-tructural superinposed halo model of quartz type gold deposits in Dongtongyu gold deposit,Shanxi[J]. Gold Science and Technology,14(1):1-5(in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

白万成,卿 敏. 2000. 小秦岭金矿田构造演化与金矿成矿作用[J]. 黄金地质,6(2):1-8

陈 莉. 2006. 小秦岭大湖金矿床成矿流体特征及矿床成因探讨[D]. 北京:中国地质大学:1-88

陈远荣,贾国相,徐庆鸿. 2003. 气体集成快速定位预测隐伏矿的新技术研究[M]. 北京:地质出版社:1-75

范永香,阳正熙. 2003. 成矿规律与成矿预测[M]. 徐州:中国矿业大学出版社:1-280

冯建之. 2010. 小秦岭金矿床成矿作用及成矿物质来源[J]. 现代地质, 24(1):12-17

高世贤. 2009. 小秦岭金矿田地质特征及矿床成因[J]. 采矿技术, 9(1):120-123

宫同伦. 1991. 陕西小秦岭金矿的富化与动力成矿作用的关系[J]. 西安地质学院学报, 13(1):8-14

胡正国,钱壮志. 1994. 小秦岭西段拆离-变质杂岩核构造[J]. 地质找矿论丛, 9(2):58-66

胡志宏,周顺之,胡受奚,陈泽铭. 1986. 豫西太华群混合岩特征及其与金相矿化的关系[J]. 矿床地质,5(4):71-81

贾建业. 1996. 小秦岭胭脂河金矿床黄铁矿产出的地质背景[J]. 西北地质, 17(3):1-6

李 惠,张国义,王支农,张文华,陈军胜,高延龙,贺水利,赵宗勤,王志远. 2004. 小秦岭石英脉型金矿床的构造叠加晕模式[J]. 地质与勘探, 20(4):51-54

李 惠,张国义,高延龙,赵宗勤,李德亮,禹 斌,邵建波,郭朝彦. 2008. 小秦岭金矿集中区深部第二富集带预测的构造叠加晕模型[J]. 物探与化探, 32(5):525-528

李治堂. 1988. 陕西洛南大王西峪金矿主要地质特征[J]. 陕西地质, 6(2):1-11

刘 瑞,王炳恩,王志华,赵宏光. 1997. 河南文峪金矿主要载金矿物特征及其在找矿中的应用[J]. 地质与勘探. 33(3):33-35

刘晓峰. 1999. 小秦岭西段驾鹿金扩田成扩条件及找扩前景浅析[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(1):35-41

聂凤军,江思宏,赵月明. 2001. 小秦岭地区文峪和东闯石英脉型金矿床铅及硫同位素研究[J]. 矿床地质,20(2):163-173

谭铁龙,盛吉虎,贾建业,丁振举. 1995. 文峪金矿元素地球化学统计分析及深部预测研究[J]. 华东地质学院学报, 18(4):353-360

王亨治. 1987. 小秦岭金矿田地质特征及矿床成因[J]. 矿床地质,6(1):57-67

颜正信,孙卫志,薛 成. 2007. 小秦岭金矿田中深部构造控矿规律及盲矿预测-以文峪矿区 S505 矿脉为例[J]. 黄金地质, 28(12):17-21

杨宏林,韩晓燕. 2005. 陕西葫芦沟金矿床原生叠加晕模型[J]. 矿产与地质, 19(6):704-709

喻积贤. 1998. 小秦岭蜻山地区晚太古代基底变质岩系划分与对比[J]. 河南地质, 16(2):107-113

张北廷,邵建波,宋长葆. 2006. 东桐峪石英脉型金矿深部盲矿预测的构造迭加晕模型[J]. 黄金科学技术, 14(1):1-5

Ore-forming Regularities and Mineralization Forecast of the Si'er Gold Deposit in Luonan, Shanxi Province

FANG Gui-cong[1], CHEN Yuan-rong[2], JIANG Zong-lin[2], LI Jian-zhong[2], ZENG Shao-wei[2], YAN Xin-luo[2]

(1. *Institute of Mineral Resources Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037;
2. *College of Earth Sciences in Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi* 541004)

Abstract: The purpose of this work is to reveal the ore-forming rules and mineralization potential at depth in the Si'er gold deposit, of which the metallogenic geology background is typical in the Xiaoqinling area, and provide reference for further ore exploration of this region and other places. We have studied its ore-forming characteristics based on analyzing its metallogenic geology background and geology features. It is found that mineralization belts as well as veins occur at a certain distance with others in the district. The alterations of pyrite, silicon and potassium have close relationship with gold mineralization. The association of quartz with smoky gray color, potassium feldspar and pyrite shows an apparently indicative mark to gold mineralization. Besides, a widespread regularity in the Xiaoqinling area is found that the quartz-vein type of gold mineralization in the shallow subsurface changes into alteration-rock type in the deep subsurface. Combining with ore-forming regularities and analyzing the axial changing regularities of primary-halo indicator content of three main veins (Q501、Q502 and Q529), the great mineralization potential of Q501 and Q502 has been forecasted, and that of Q529 remains to be tested by further exploration work.

Key words: ore-forming regularity, primary halo, indicative element, Xiaoqinling, Si'er gold deposit