文章编号: 1004-7786 (2000) 01-0077-08

小秦岭变质核杂岩构造基本特征及其构造控矿模式分析

王力群, 肖文进
(西北有色地勘局 712 总队, 咸阳 712000)

摘 要: 在对小秦岭变质核杂岩构造分析的基础上, 笔者探讨了这种构造型式与金矿的构造关系, 认为金矿分布与变质核杂岩构造具有对应性, 提出本区金矿化具垂向构造分带性, 即自上而下为构造蚀变岩型、石英脉型和蚀变糜棱岩型金矿 (河台式), 并简要分析了这种构造控矿模式的找矿意义。

关键词: 小秦岭; 变质核杂岩构造; 垂向构造分带性; 蚀变糜棱岩型
中图分类号: P588. 35 文献标识码: A

小秦岭花岗岩-绿岩带地体位于华北地台南缘豫西断隆, 总体上呈近东西向展布的长垣状穹隆构造, 南、北侧为两条区域性剪切带所围限。近年来研究表明[1, 2, 3], 该区为华北地台南缘一个较典型的变质核杂岩构造, 且这种构造与金成矿有密切联系。

1 区域地质背景

小秦岭变质核杂岩构造核体由晚太古界太华岩群 (Ar_3) 和其后多期花岗岩体构成。太华岩群可分为上、下两部分, 下太华岩群是一套以变质岩浆岩为主的岩石组合, 主要岩性为斜长角闪 (片麻) 岩和侵入其中的 TTG 灰色片麻岩、片麻状花岗岩, 前者常呈包体产于灰色片麻岩中。岩石化学研究[2] 表明, TTG 质片麻岩是拉斑玄武岩 (斜长角闪岩) 经部分熔融的衍生物。上太华岩群主要为一套具孔兹岩系特征的副变质岩, 含部分中基- 中酸性火山 (沉积) 岩, 基本上代表古陆壳一个海进沉积旋回。

太华岩群成岩年龄大于 2 500 Ma[2], 与华北地台其他太古宙岩群 (如登封岩群、鞍山岩群) 具可比性。它经历了多期次变形- 变质作用, 普遍达高角闪岩相 (局部麻粒岩相), 混合岩化作用较强烈, 且由大月坪穹隆核部向两翼趋于减弱。

收稿日期: 2000-04-10 修回日期: 2000-04-28
基金项目: 西北有色地质勘查局人才培养基金
作者简介: 王力群 (1965-), 男, 陕西户县人, 工程师, 1999 年毕业于西安工程学院构造地质学专业, 获理学硕士, 现主要从事区域构造与成矿的勘查和研究工作.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

本区大致经历了 3 个不同层次的构造演化阶段，即早期粘塑性变形分异、中期塑性变形和晚期脆性 (韧脆性) 变形的叠加改造[1]，因而地质构造十分复杂。区域主构造线方向呈近东西向，后期叠加有北东向次级小型褶皱和韧脆性剪切带。大月坪穹隆轴向 100°～280°，长 85 km，两翼北缓 (30°～50°) 南陡 (60°～80°)，是以第二期区域轴面片麻理 (S_2) 为变形面而形成的。

区内岩浆活动表现强烈。太古宙以中基- 中酸性火山喷发及 TTG 质岩浆侵入为特征，元古宙有规模较大的中基- 中酸性火山喷发 (熊耳群) 和重熔交代型花岗岩侵入 (张家坪、小河岩体等)，加里东- 华力西期仅发育基性岩脉 (墙)，燕山期岩浆活动复又增强，先是大规模花岗岩基侵入 (华山、文峪岩体等)，继之出现广泛的中酸性小斑岩体 (如金堆城斑岩体)。总的演化趋势是从早到晚，由基性向酸性演化，活动方式由火山喷发和岩浆侵入向单一的岩浆侵位过渡，典型的岩浆岩特征越来越显著，强度逐渐变弱，但进入燕山期因地台活化而有所增强。

2 变质核杂岩构造基本特征

中心核体呈近东西向展布的长垣状复式穹隆构造，高出两侧河谷可达 2 km，周缘被边缘韧性剪切带及其后脆性断裂所围限，两侧地块 (汾渭断凹、金堆城台凹) 长期正向滑降 (图 1)。

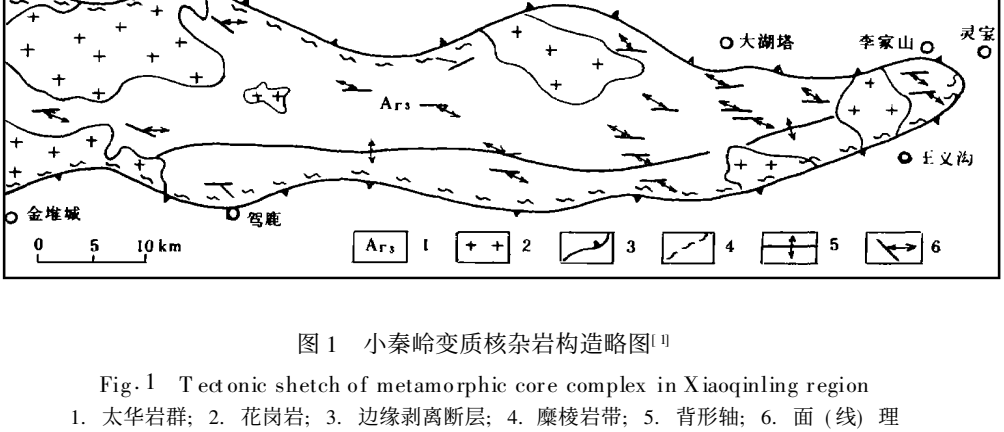

图 1 小秦岭变质核杂岩构造略图[1]

Fig. 1 Tectonic shetch of metamorphic core complex in Xiaoqinling region

1. 太华岩群; 2. 花岗岩; 3. 边缘剥离断层; 4. 糜棱岩带; 5. 背形轴; 6. 面 (线) 理

变质核体由太华岩群 (Ar_3) 和侵入其中的多期岩浆岩组成。太华岩群是一套晚太古界深变质岩系，包括以 TTG 岩系为主体的正变质岩和以表壳岩系为主的副变质岩，经历多期次强烈的变形- 变质作用和混合岩化改造，岩石-构造特征复杂。岩浆岩既有早期中酸性侵入体 (TTG 杂岩)、混合花岗岩 (γ_2)，又有燕山期同伸展的花岗岩基和斑岩群，伸展末期发生煌斑岩脉侵入 (K-Ar 法 76 Ma)[5]。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

核杂岩周缘被边缘韧性剪切带所围限, 该韧性剪切带顶部为大型低角度剥离断层所切削(构造剥蚀)。该边缘构造带由内向外 (由下而上) 依次是糜棱岩带、绿泥石化碎裂岩带、超碎裂岩带及断层泥 (图 2)。糜棱面理改造了早期片麻理 (S_2), 有稳定的 NWW- SEE 向拉伸线理, 其运动学标志指示上盘向 NWW 剪切。这套糜棱面理和拉伸线理受其后核杂岩隆升影响呈背形状, 分别从核部向南北两翼倾斜。

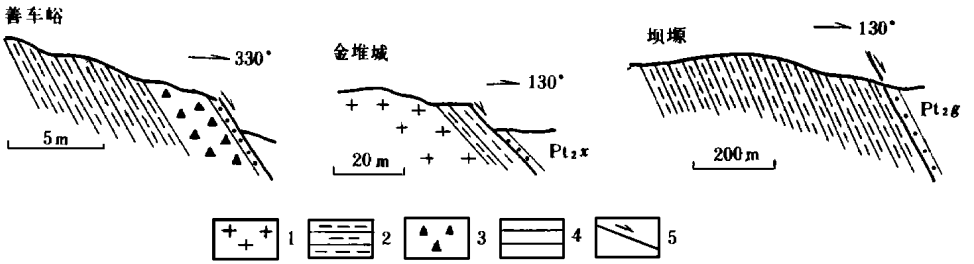

图 2　边缘构造带剖面素描图

Fig. 2　Section shetch of margin tectonic belt

1. 花岗岩 (γ_3); 2. 糜棱岩; 3. 碎裂岩、角砾岩; 4. 超碎裂岩; 5. 断层

多层剥离 (滑脱) 构造系统: 在区内上、下基底岩系之间, 上基底内碎屑- 泥质岩与碳酸盐岩之间, 基底岩系与盖层之间, 铁铜沟组与熊耳群 (或高山河群) 之间, 熊耳群与高山河群之间存在多个结构面, 大多具有剥离 (滑脱) 带性质, 它们一般是在变质核杂岩逐渐隆升的背景下利用、迁就或改造先期构造薄弱带 (如顺层韧性剪切带、不整合面、不同岩层界面等) 而发展定位的。如上基底碳酸盐岩底部的构造带 (闾家峪), 切削下伏片麻岩、变粒岩及伟晶岩等, 主要构造岩为糜棱岩、千糜岩、构造片岩及粒碎岩等。

剥离构造带上盘浅 (未) 变质的盖层出露在南缘剪切带南侧 (即金堆城台凹内), 主要包括铁铜沟组碎屑岩、熊耳群中基- 中酸性火山岩、高山河群碎屑岩- 镁质碳酸盐岩、洛南群镁质碳酸盐岩等, 总体上构成由北向南拆离滑脱的褶皱- 断裂区。变质核杂岩北侧为第四系堆积断凹区, 反映了持续至今的差异性升降。

3　变质核杂岩构造与金矿关系

现在人们逐渐认识到变质核杂岩构造及其剥离断层对于内生金属热液成矿的控制意义, 如美国盆岭区许多 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等矿床都与剥离断层作用直接或间接有关[4]。变质核杂岩构造控矿实质就在于, 在变质核杂岩演化过程中, 构造剥蚀作用导致地壳 (即变质核体) 变薄、裂开, 地幔上隆, 产生大量基性岩墙 (体), 相伴而来的金属元素成为成矿物质基础; 同时伸展作用导致的高地热梯度和高热流构造环境, 有利于减少岩石重熔或混合岩化的深度, 使壳源花岗岩浆得以在较浅处侵位, 为成矿元素活化迁移提供良好的物化条件。小秦岭变质核杂岩构造对于金矿控制意义, 突出表现在如下两个方面。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

3.1 金成矿年龄与变质核杂岩构造主形成期基本一致

区内金成矿年龄一般认为是燕山期。晁 援等[5]根据含金石英脉穿插文峪岩体 ((K-Ar 法 108 Ma)、含金石英脉被煌斑岩脉 (K-Ar 法 76 Ma) 穿插、含金构造带绢云母片岩年龄 77 Ma (K-Ar 法) 等事实, 推测成矿年龄为 108～77 Ma。变质核杂岩是长期伸展和热隆过程中逐步上升至地表的, 其最终定位形成主要在燕山 (中- 晚) 期, 与侵位其中的燕山期花岗岩基 (华山、文峪等) 大致同时或稍晚一些。石铨曾等[3]对灵宝盆地砂砾岩层研究后认为, 核杂岩出露地表经受剥蚀的时间应在南朝组 (K_2) 和项城组 (E) 形成期之间。边缘构造带早期温度 380～400℃ (长英质糜棱岩), 晚期降至 310～230℃ (绢英质糜棱岩), 而金主成矿期温度为 170～270℃, 与边缘构造带演化中- 晚期温度大致相当。可见金成矿期应晚于变质核杂岩的韧性剪切时期, 即在韧脆性- 脆性变形期。

3.2 金矿床 (脉) 在空间上受变质核杂岩构造控制, 矿化类型、规模与主剥离构造带及其上、下盘剪切带密切相关

传统上将小秦岭金矿类型基本上划分为两类: 石英脉型和构造蚀变岩型。前者主要赋存于与边缘剪切带产状一致的韧脆性 (脆性) 正向剪切带中, 含金剪切带产状与大型穹隆协调配置 (图 3), 大多数走向近东西, 南坡向南陡- 中等倾斜, 北坡向北缓倾, 与片麻理 (S_2) 相平行, 局部见反向剪切带, 多属共轭剪切性质。无论其产状如何变化, 几乎总是与所处位置片麻理一致或仅有较小夹角。含金石英脉脉壁千糜岩中倾向拉伸线理和擦痕显示[3], 含金石英脉形成晚于以 NWW 向线理为代表的近水平剪切, 与晚期向南北两侧倾斜的韧脆性(脆性) 剪切带密切相关。构造蚀变岩型金矿以驾鹿葫芦沟、镰子沟金矿床 (点) 为代表, 显示较浅层次脆性变形域的成矿特征, 明显受主剥离构造带 (即基底与盖层间) 控制。在驾鹿地区, NE 向控矿韧脆性剪切带 (160 ∠55°) 叠加在早期角闪岩相边缘韧性剪切带 (18 ∠73°) 之上, 与之呈斜交关系, 但与主剥离带产状基本一致。产于主剥离带上盘高山河群底部的镰子沟控矿脆性剪切带, 距主剥离带约 100 m±, 产状与高山河群及主剥离带完全一致, 具典型的层间破碎带特征 (表 1)。

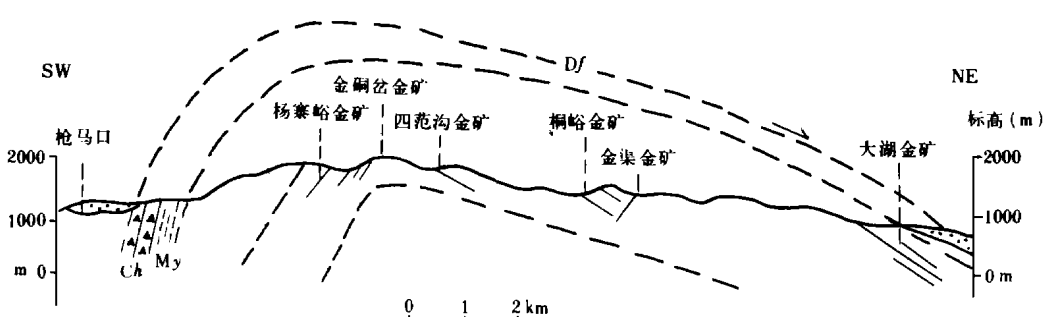

图 3 小秦岭变质核杂岩金矿脉产状剖面图

Fig. 1 Attitude section of gold ore vein in metamorhic core complex, Xiaoqinling

Df. 主剥离构造带; Ch. 绿泥石化碎裂岩; My. 糜棱岩

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

表 1　小秦岭构造蚀变岩型金矿床 (点) 构造特征表

Tab. 1　Structural feature of tectonic altered rock typed gold deposits in Xiaoqinling region

矿床 (点)	产　状　特　征	容矿剪切带	构　造　岩	蚀　变　类　型	围　岩
葫芦沟金矿床	产于主剥离带下侧, 走向与之平行, 倾角大于主剥离带	脆性张剪型, 正向位移	碎裂岩、角砾岩、碎粉岩等	钾长石化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化	糜棱岩化片麻岩 (原秦仓沟组)
镰子沟金矿点	产于主剥离带上侧, 与高山河群、主剥离带产状平行	脆性层滑型, 正向位移	碎裂岩、角砾岩、碎粉岩、断层泥 (砾)	绢云母化、硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、高岭土化	高山河群变石英砂岩, 砂质板岩

4　构造控矿模式及其找矿意义

4.1　矿化垂向构造分带性

根据 R. H. Sibson 断层双层结构模式, 上部为弹性磨擦区, 以脆性变形为主, 具明显断裂面, 形成紊乱组构的碎裂岩系列; 下部为半塑性区, 韧性剪切变形, 发育糜棱岩系列。而在两者之间存在脆性- 韧性变形过渡带, 既有脆性又有韧性变形, 构成一个包含两种不同性质变形的过渡系列。众多金矿研究表明, 金成矿主要与剪切带韧性- 脆性变形转换过渡带密切相关。

如前所述, 区内金矿分布特征与变质核杂岩构造具有对应性。石英脉型金矿主要分布于变质杂岩核部, 产状与大型穹隆构造 (F_3) 协调配置, 直接受控于绿片岩相韧脆性剪切带, 变形具有韧性- 脆性过渡性质, 含矿剪切带主要是在变质核杂岩隆升背景下, 继承性改造角闪岩相顺层韧性剪切带形成的, 常具垂向等间距多层性, 因而其产状常与区域片麻理 (S_2) 相一致。如潼峪地区, 由顺层缓倾剪滑型剪切带所控制的含金石英脉很发育, 勘查逐步证实该区在垂向上至少存在 6 层相互平行的含金石英脉, 间距约 100 m ± (图 4)。

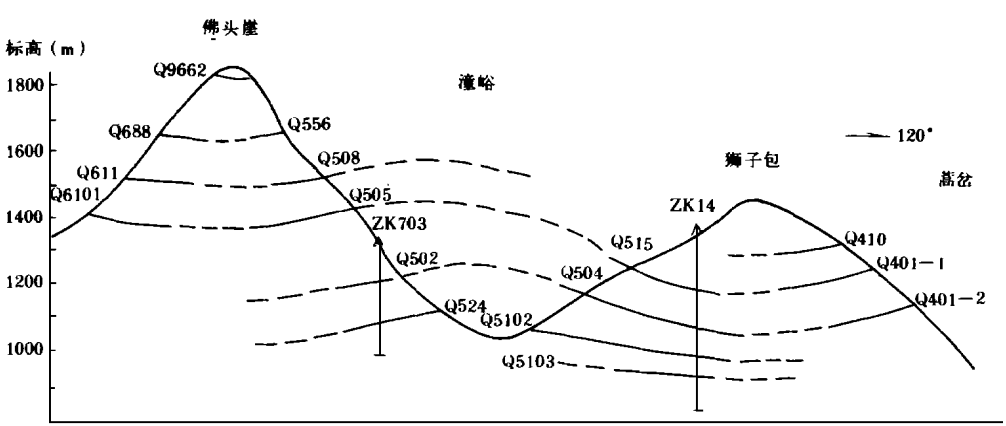

图 4　潼峪金矿脉垂向等间距多层性剖面图

Fig. 4　Section of vertical equal spaced multi-layers of gold vein in Tongyu

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

构造蚀变岩型金矿分布于主剥离带上下侧一定范围 (1～2 km) 内, 成矿背景是早期角闪岩相边缘韧性剪切带, 矿体产于叠加在早期糜棱岩带之上的脆性剪切带。主要表现为浅表层次下的脆性 (破碎) 变形, 同构造-成矿期塑性变形很弱, 成矿温度低, 成矿深度较浅 (与石英脉型金矿相比) 。它可与山东焦家式蚀变岩型金矿相对比, 明显不同于广东河台蚀变岩型金矿。河台金矿体完全受控于千糜岩带, 矿石即为矿化蚀变千糜岩, 矿化条带平行于糜棱面理, 金主要呈微粒浸染状赋存于石英间隙或包于石英中, 变形方式以塑性变形为主, 约相当于韧脆性变形域偏向韧性部分 (表 2)。

表 2 不同类型金矿床地质特征对比表

Tab. 2 Geological feature contrasted among different types gold deposits

地质特征	葫芦沟金矿床	小秦岭石英脉型金矿	河台金矿床
成矿背景	太古界太华岩群片麻岩及混合岩, 产于南缘韧性剪带内	太古界太华岩群片麻岩及混合岩, 与区域韧性剪切带有关	震旦系混合岩化片麻岩及混合岩, 与区域性韧性剪切带有关
容矿构造	脆性剪切带, 浅表层次	韧脆性剪切带, 中深层次	韧性剪切带, 中深层次
矿体特征	矿体赋存于脆性剪切蚀变带内, 二者产状一致, 矿体成群成组, 平行侧列, 产状规则	矿体赋存于韧脆性剪切带内, 成群成组, 与大型穹隆协调产出, 品位较高	矿体赋存于千糜岩带内, 完全受千糜岩带控制, 成群成组, 大致平行, 产状规则, 品位稳定
矿 石	主要为钾化蚀变岩型, 组分简单, 低硫	主要为硫化物石英脉型, 组分较复杂, 硫较高	主要为硅化千糜岩型, 组分简单, 低硫
蚀 变	钾长石化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化	硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化	硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化
构造岩	碎裂岩、碎粒岩、角砾岩、构造片岩	构造片岩、碎裂岩、千糜岩、糜棱岩	千糜岩、构造片岩、糜棱岩
金矿物	自然金成色高 (929. 7), 主要赋存于黄 (褐) 铁矿内	自然金成色高 (> 900), 主要赋存于黄铁矿内	自然金成色高, 主要赋存于石英粒间及粒中

实际上在小秦岭变质杂岩核部, 有些含金石英脉就有蚀变糜棱岩 (千糜岩) 型矿石产出, 甚至有的含金构造带本身特别发育糜棱岩、千糜岩及构造片岩等[5], 却并不发育石英脉或者含脉率很低。如潼峪 f8701、刘家沟 Q2243 纵向含脉率均小于 0. 30, 而其含金剪切带和构造岩在走 (倾) 向上都十分发育。其中, Q2243 构造带地表长逾 1 200 余米, 宽 10～30 m, 含金石英脉在构造带内呈透镜体断续分布, 一般为长数米的小透镜体, 最长仅 28 m, 宽一般小于 0. 3 m, 最大 1. 71 m。这表明在更深构造层次上, 本区很可能存在河台式蚀变糜棱岩型金矿。

综上所述, 小秦岭自上而下可能存在 3 种金矿成矿类型 (表 3), 即构造蚀变岩型 (葫芦沟式)、石英脉型和蚀变糜棱岩型 (河台式), 亦可称为 “三层楼” 式垂向构造分带性。从构造层次上看, 构造蚀变岩型金矿主要位于浅层次脆性变形环境 (约 0～5 km), 石英脉型金矿主要位于中深层次脆韧性变形域偏向脆性部分 (5～10 km), 蚀变糜棱岩型金矿位于中深层次脆韧性变形域偏向韧性部分 (约 10～15 km), 含金剪切带产状与变质核杂岩中大型穹隆协调配置。在成矿序次上, 从早到晚依次为构造蚀变岩型、石英脉型及蚀变糜棱岩型。Colvine *et al*. (1988) 根据加拿大剪切带金矿大量实例[6], 提出一个理想的剪切带金矿垂直分带图, 在剪切带最上部以细脉状矿化为主, 发育构造角砾岩和渗透性蚀变; 中部以大脉状矿化为主, 局

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

部有交代矿化; 下部以浸染状矿化为主, 亦有细脉状矿化。这也说明本区 3 种金矿类型垂向构造分带性的合理性和可能性。

表 3　不同金矿类型垂向构造分带性

Tab. 3　Vertical tectonic zonality of vary gold deposits types

成矿类型	构造环		变形方式	构造岩	矿化方式
葫芦沟式构造蚀变岩型	脆性变形 (0～5 km)		脆性破裂	碎裂岩、构造角砾岩	细网脉充填- 交代
小秦岭石英脉型	脆韧性变形	偏向脆性变形 (5～10 km)	脆性变形为主韧性变形次之	碎裂岩、构造片岩、糜棱岩等	脉状充填为主
河台式蚀变糜棱岩型		偏向韧性变形 (10～15 km)	韧性变形为主脆性变形次之	糜棱岩、千糜岩碎裂岩	浸染状交代为主

4. 2　找矿意义

矿化垂向构造分带性揭示了区内 3 种金矿基本类型的构造关系, 充分认识这一金矿分布规律, 对于该区开拓找矿思路、寻找新的成矿类型和找矿区域具有重要现实意义。

首先, 由于构造蚀变岩型金矿受控于主剥离构造带, 分布于主剥离带上下侧一定范围内, 因此沿着基底与盖层间的主剥离带是寻找本类金矿的有利构造位置, 高山河群底部是继太华岩群后又一个新的有待开拓的有利成矿部位。进一步分析, 小秦岭变质核杂岩构造存在多层剥离 (滑脱) 构造带, 如上下基底间、熊耳群与高山河群间的构造带, 均与主剥离带性质相似, 应注意这些构造剥离带的控矿意义。尤其是熊耳群底部和顶部的构造滑脱带更应引起关注和研究。

其次, 石英脉型金矿分布于变质杂岩核部, 受控于韧脆性顺层剪切带, 这种顺层式剪切带是在变质核杂岩演化过程中横向构造置换作用的产物[7], 一般规模宏大, 常具垂向多层性, 它提供了迄今为止小秦岭地区金的绝大多数工业储量。从找矿角度考虑, 已知的控矿剪切带无论走向还是倾向上都有许多找矿空白点 (区), 需继续加强综合研究和找矿勘查; 由于其垂向多层性特征, 因而在垂向上寻找新的含金构造带仍是一个主要的找矿方向, 尤其是向深部探索与已知含金剪切带平行的隐伏含矿构造带, 对于区内寻找大型金矿床具有重要的现实意义。

第三, 蚀变糜棱岩型金矿位于石英脉型之下, 且许多含金剪切带都有糜棱岩型矿化显示, 故区内找矿要注意寻找新的成矿类型。若在这方面有所突破, 则小秦岭找矿前景将会更加广阔。根据矿化垂向构造分带性, 不仅石英脉型金矿常具垂向多层性, 而且石英脉型金矿之下可能存在着蚀变糜棱岩型金矿, 可见应把深部找矿作为今后找矿工作的一个指导性原则。坚定深部找矿的信心, 加强深部找矿勘查与研究的力度。

本文承蒙西安工程学院张维吉研究员、李　侠教授、魏刚锋教授及有色物化探总队方维萱高工审阅, 并提出宝贵意见, 在此表示衷心谢意!

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

参考文献:

[1] 胡正国等. 小秦岭拆离- 变质杂岩核构造与金矿 [M]. 西安: 陕西科技出版社, 1994, 11-27, 46-93.
[2] 黎世美等. 小秦岭金矿地质和成矿预测 [M]. 北京: 地质出版社, 1996, 136-178.
[3] 翟裕生等. 大型构造与超大型矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1997, 126-142.
[4] 傅昭仁等. 变质核杂岩及剥离断层的控矿构造解析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992, 10-16.
[5] 沈阳地矿研究所. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集 (3. 豫陕小秦岭地区) [C]. 北京: 地质出版社, 1989, 1-39, 87-139.
[6] 卢焕章等. 典型金属矿床的成因及其构造环境 [M]. 北京: 地质出版社, 1995, 101-104.
[7] 王力群. 陕西小秦岭太华岩群构造变形序列及其形成机理探讨 [J]. 地质构造学刊, 1999 (1), 35-41.

Analysis on the basic characteristics of the Xiaoqinling metamorphic core complex and its ore-controlling model

WANG Li-qun and XIAO Wen-jin

(*The 712 Team of Northwestern Geoexploration Bureau for Nonferrous Metals, Xianyang*, 712000)

Abstract: On the basis of analysis for the basic characteristics of Xiaoqinling metamorphic core complexe, the ralations of gold-ore to this tectonic style are discussed in the paper. Authers consider that the distribution of gold-ore is controlled by metamorphic core complexe and gold-mineralization has the vertical tectonic zonation. The types of gold-ore from upper one to lower are in the following: the tectonic altered-rocks, gold-bearing quartz veins and altered mylonites type. Besides, significance of prospecting of the vertical tectonic metalogenic zonation is stated too.

Key words: Xiaoqinling; metamorphic core complexe; the vertical tectonic zonation; altered mylonites type

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w