

文章编号: 0258-7106 (2005) 06-0656-07

西秦岭北部蛇绿混杂岩带成矿作用与区域构造演化的关系*

李锁成^{1,2}, 陈永彬³, 赵彦庆³, 崔 峤²

(1 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2 甘肃省地质矿产勘查开发局, 甘肃 兰州 730000;

3 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要 文章依据西秦岭北部区域构造演化过程, 蛇绿混杂岩带成矿作用及其主要矿床类型特征, 认为西秦岭北部矿床的形成表现出多种成矿作用的复合、叠加和改造特征, 不同类型矿床的形成均受到地质作用类型、物质来源和构造环境的严格控制。客观地总结了西秦岭北部蛇绿混杂岩带的成矿规律: 不同矿种、不同类型和不同时期的矿床集中分布, 空间相伴, 大致可分为关子铁、硫矿集区, 李子园金铜、银铅矿集区和太阳寺金、金银铅矿集区。早古生代在商丹洋壳俯冲作用下, 主要形成海相火山-沉积铁、硫矿床; 加里东期俯冲-碰撞造山作用下, 主要形成热液充填-交代型银铅矿床、变质岩改造型矿床; 印支期在构造-岩浆作用下, 主要形成石英脉型金(铜)矿床、斑岩型钼(铜、铋)矿床、构造蚀变岩型金矿床。海相火山-沉积作用、区域变质作用、岩浆及其岩浆热液作用对成矿有较大影响, 主要成矿作用与区域构造演化过程中的主要地质事件在时间和空间上相对应。

关键词 地质学; 构造演化; 成矿作用; 蛇绿混杂岩带; 西秦岭

中图分类号: P611

文献标识码: A

对西秦岭造山带构造演化及成矿规律的研究由来已久, 尤其在 20 世纪 80 年代, 成为国内外地质学界瞩目的、具有典型代表意义的研究热点, 主要研究成果以 1992 年 6 月至 1997 年 6 月国家自然科学基金资助完成的“秦岭造山带岩石圈结构、演化及其成矿背景”重大项目为代表, 将地质、地球化学、地球物理研究相结合, 建立了秦岭造山带现今岩石圈具有流变学分层的“立交桥”式三维结构几何学框架模型; 揭示了秦岭造山带造山过程与主造山期($Pt_3 - T_2$) 板块俯冲碰撞造山细节过程。通过秦岭造山带现今三维结构与造山过程的动力学特征分析和多学科综合研究, 探讨了大陆动力学前沿科学问题。最近, 通过 1: 25 万区域地质调查, 裴先治等(2004) 对西秦岭北部关子镇蛇绿岩的厘定, “李子园群”的解体(丁仁平等, 2004), 以及中基性杂岩体形成年代的测定(裴先治等, 2005), 使西秦岭北部构造演化过程及秦岭与祁连造山带的构造关系更加清晰。笔者在西秦岭北部从事矿产勘查工作多年, 通过对西秦岭造山带研究成果的理解和该区带矿床特征的总结, 认为发

生在西秦岭北带绿岩带中的主要成矿作用与西秦岭造山带构造演化过程中的主要地质事件相对应, 本文介绍了它们之间的关系。

1 区域地质成矿背景

西秦岭北带处于中央造山系中段祁连造山带与秦岭造山带的接合部位, 位于北秦岭商丹构造带西端。该构造带北以关子镇—元家坪韧性剪切带与北秦岭古元古界秦岭岩群毗邻; 南以杨家寺—太阳寺韧性逆冲断裂与中上泥盆统舒家坝群相隔, 关子镇以西该断裂大部分隐伏于黄土高原之下, 关子镇以东经李子园—太阳寺, 呈 NW-NW 向狭长条带反 S 型(张维吉等, 1994) 与秦岭地区丹凤加里东构造带相连; 其间在关子镇以南、太阳寺以北以高角度逆冲断裂(局部为角度不整合) 为界夹持几块晚泥盆世—早石炭世大草滩群(甘肃省地质矿产局, 1996) (图 1)。

该构造岩片系由形成于早古生代洋盆环境中的

* 本文得到中国地质调查局国土资源大调查项目(1212010531903) 的资助

第一作者简介 李锁成, 男, 1957 年生, 高级工程师, 工程硕士, 主要从事地质矿产勘查与开发研究工作。

收稿日期 2005-03-23; 改回日期 2005-10-20。张绮玲编辑。

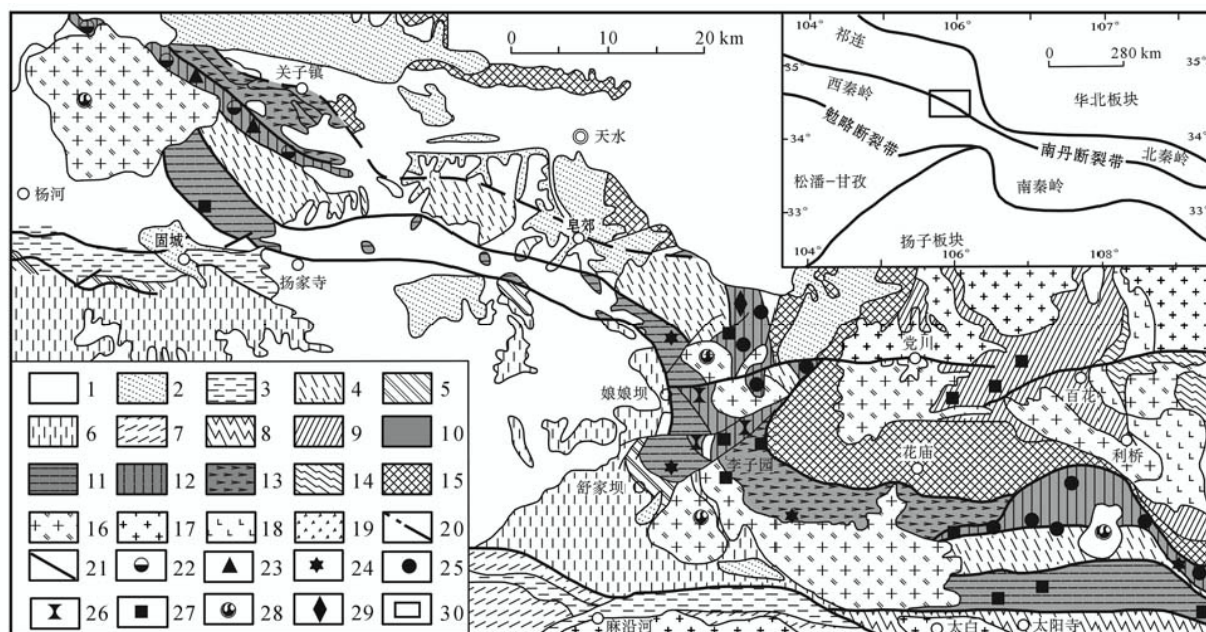


图1 西秦岭天水地区关子镇—利桥一带地质矿产图

1—新生界;2—中生界;3—石炭系;4—大草滩群;5—舒家坝群灰岩;6—舒家坝群碎屑岩;7—西汉水群;8—未分泥盆系;9—草滩沟群;10—蛇绿混杂岩带;11—太阳寺岩组;12—李子园群;13—关子镇蛇绿岩;14—宽坪岩群;15—秦岭岩群;16—印支期花岗岩;17—加里东期花岗岩;18—加里东期闪长岩、石英闪长岩;19—变质辉长岩、辉长闪长岩;20—推测及实测断层;21—地质界线;22—磁铁矿床;23—硫铁矿床;24—铜矿床;25—金矿床;26—金铜矿床;27—金银铅矿床;28—银铅矿床;29—石英脉型矿床;30—研究区

Fig.1 Geological map of Guanzizhen-Liqiao district in Tianshui area, West Qinling Mountains, showing the distribution of mineral resources

1—Cenozoic; 2—Mesozoic; 3—Carboniferous; 4—Dacaotan Group; 5—Limestone of Shujiaba Group; 6—Clastic rock of Shujiaba Group; 7—Xihanshui Group; 8—Devonian (undivided); 9—Caotangou Group; 10—Ophiolitic mixite belt; 11—Taiyangsi Lithodeme; 12—Liziyan Group; 13—Guanzizhen ophiolite; 14—Kuanping complex; 15—Qinling complex; 16—Indosinian granite; 17—Caledonian granite; 18—Caledonian diorite and quartz diorite; 19—Meta-gabbro and gabbro diorite; 20—Inferred and measured faults; 21—Geological boundary; 22—Magnetite deposit; 23—Pyrite deposit; 24—Copper deposit; 25—Gold deposit; 26—Gold-copper deposit; 27—Gold-silver-lead deposit; 28—Silver-lead deposit; 29—Quartz vein deposit; 30—Study area

关子镇蛇绿岩、北秦岭南缘弧前盆地环境中的李子园群(狭义)、扬子板块北缘被动大陆环境中的太阳寺岩组以及加里东早中期岛弧深成的流水沟变质中基性杂岩体组成的蛇绿混杂岩带(裴先治等,2004)。关子镇蛇绿岩为一套变质基性火山岩,岩性以斜长角闪片岩(原岩类型主要为玄武岩及玄武安山岩,属拉斑玄武岩系列)为主,其间以构造接触关系夹变质中细粒辉长岩、变质辉石岩、阳起石岩和蛇纹岩等构造块体;李子园群为一套中浅变质的沉积火山岩系,主要由黑云石英片岩、绢云绿泥石英片岩、绿帘绿泥钠长片岩、绢云石英片岩、斜长角闪片岩和钙质片岩组成,夹结晶灰岩、大理岩、条带状硅质岩及长英质糜棱岩,原岩主要类型为成熟度较低的碎屑岩夹碳酸盐、玄武岩、玄武安山岩等;太阳寺岩组总体为中浅变质的碎屑岩组合,主要由石英片岩、绢云石英片

岩、绿泥绢云石英片岩组成,推断原岩为成熟度较高的石英砂岩(裴先治等,2004);大草滩组主体为一套造山期后的山前陆相磨拉石组合。区带内自西向东有鸳鸯镇超基性(蛇纹)岩体,印支期温泉、柴家庄、天子山、磨扇沟复式花岗岩体,加里东期百花中基性杂岩体。区带内已经发现的矿床(点)48处,主要矿种为金、银、铅、铜、铁等(图1)。

2 区域构造演化过程

秦岭造山带的形成演化历史应从中元古代算起(张国伟等,2001)。在新元古代早期扩张过程中秦岭商丹洋盆缓慢向西推进,逐渐形成了以关子镇蛇绿岩为代表的有限洋盆。在早古生代晚期的洋盆消亡过程中,随着洋壳由南向北的俯冲作用,在北秦岭

南缘形成了草滩沟群钙碱性系列岛弧性中酸性火山-沉积岩系和位于岛弧与俯冲带之间的弧前盆地沉积环境的李子园群(狭义),以及关子镇地区流水沟变质中基性杂岩体和利桥地区百花中基性杂岩体为代表的岛弧型深成杂岩体。而形成于早古生代扬子板块北缘被动大陆边缘环境的太阳寺岩组则在加里东期俯冲-碰撞造山过程中构造拼贴于商丹构造带或关子镇-利桥蛇绿构造混杂岩带中。在俯冲-碰撞造山过程中,上述各地质体普遍发生强烈构造变形和绿片岩相、低角闪岩相区域变质。

从泥盆纪开始,西秦岭地区进入古特提斯构造演化阶段,伴随着西秦岭南缘晚古生代—三叠纪勉略洋盆的初始打开、发育演化(张国伟等,2001;裴先治等,2002),西秦岭微板块北缘由于伸展构造作用分别形成泥盆纪西汉水群浅海相陆相碎屑岩-泥质岩、台地相碳酸盐岩沉积组合和舒家坝群半深海-深海盆地相浊积岩及碳酸盐岩沉积组合,组成了西秦岭微地块主体。直至三叠纪勉略洋盆闭合,西秦岭地区全面造山隆起(甘肃省地质矿产局,1996;裴先治等,2002),造成晚古生代沉积地层的褶皱和逆冲变形以及低级变质。

3 矿床类型及其特征

3.1 海相火山-沉积变质改造型硫、铁矿床

该类矿床(点)共有9处,典型的为甘谷范家寺磁铁铁矿床、天水关子镇黄铁矿矿床。主要分布在关子镇以南的李子园群绿片岩中,磁铁铁矿床和硫铁矿矿床相伴产出。矿体呈似层状、透镜状、条带状赋存在层间褶皱转折端,多层重复,具有层控矿床特征。矿体长度20~175 m,厚度3~15 m,延伸大于150 m。矿石以石英-绿泥(帘)石-磁铁矿(伴生锰、磷)、石英-黄铁矿(伴生Cu、Au)组合为主,呈半自形晶细粒结构,块状、条纹状构造,品位(w_B ,下同):TFe 30%±,S 20%±^①。矿床为古生代早期海相火山-沉积形成,加里东期变质热液叠加改造进一步富集成矿。

3.2 变质热液(充填-交代)型银铅矿床

天水分水岭银铅矿是目前在该区带发现的唯一的变质热液型矿床。矿床位于李子园反“S”弧形构

造转折端。含矿地层为李子园群绿泥绿帘石英片岩、大理岩。矿体赋存于大理岩与绿片岩接触带中,呈似层状、透镜状,与围岩界线清晰,产状与围岩基本一致。矿体长30~500 m,平均厚0.2~4.6 m,延伸大于200 m,平均品位(w_B ,下同):Pb 22%~55%,Ag $925 \times 10^{-6} \sim 6500 \times 10^{-6}$ ^②。主要矿石矿物有方铅矿、(磁)黄铁矿、自然银等,脉石矿物以长英质矿物为主。矿石呈自形粒状结构,块状、条带状构造。主要围岩蚀变为黄铁细晶岩化、硅化等。矿床与加里东期俯冲-碰撞造山过程中的区域变质作用密切相关,属火山喷流-变质热液(充填-交代)型矿床。

3.3 岩浆热液型钼(铜、钨、铋)矿床

该类矿床(点)共有5处。矿床均产在印支期二长花岗岩中(温泉岩体——温泉钼矿床,柴家庄岩体——太阳山铜钼矿床,牛鞍子沟铜钼矿点,天子山岩体——杨家庄钼铋矿点,磨扇沟岩体——磨扇沟钼矿点)。温泉钼矿床产于武山温泉中浅成杂岩体中间相带的中粗粒似斑状黑云母二长花岗岩体内部。矿体严格受似斑状二长花岗岩、花岗斑岩控制。钼矿体主要由含辉钼矿石英细脉组成。含辉钼矿石英细脉宽1~5 mm,个别达1 cm,脉的密度为8~25条/米。矿石矿物组合主要为辉钼矿-黄铜矿-黄铁矿-白钨矿-石英。矿石为鳞片状、半自形-他形结构,细脉状-浸染状构造。钼品位0.010%~1.06%^③,伴生钨、铋、铍、铜。围岩蚀变有钾长石化、硅化、孔雀石化等。矿床具有典型的斑岩型钼矿的特征,属于印支期岩浆期后热液矿床。

3.4 石英脉型金、铜矿床

该类矿床(点)共有25(铜4)处,典型的为柴家庄金矿、李子园铜金矿、冯家厂金矿等,主要分布于柴家庄、天子山印支期花岗岩体之内,矿床规模以中-小型为主。含矿地层为李子园群绿片岩,矿体赋存于NNW向及NE向断裂带中,矿体产状与断裂带产状基本一致。矿体呈脉状、透镜状,长度一般数十米,长者可达500 m,厚度一般1 m左右,延伸大于200 m。矿石成分:金属矿物以黄铁矿为主,黄铜矿、自然金少量。脉石以石英为主,绢云母、绿泥石少量。金矿石品位: Au $2.19 \times 10^{-6} \sim 56.8 \times 10^{-6}$,铜

① 矿床特征数据来自“甘谷范家寺磁铁铁矿普查报告”、“天水关子镇黄铁矿普查报告”。

② 矿床特征数据来自“天水分水岭银铅矿普查报告”。

③ 矿床特征数据来自“武山温泉钼矿普查报告”、“天水1:20万区域矿产普查报告”。

金矿石品位: $\text{Cu } 0.2\% \sim 5\%$, $\text{Au } 1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ ^①。围岩蚀变为硅化、黄铁绢英岩化。含矿地层、断裂构造及岩浆岩“三位一体”的地段是找金的最佳部位(杜玉良等,1998)。矿床的形成经历了火山沉积期、区域变质期、构造热液成矿期及岩浆热液成矿期4个阶段(杨礼敬等,2004),但主成矿期与印支期花岗岩侵入密切相关(霍福臣等,1998),其成因为岩浆热液型。

3.5 构造蚀变岩型金矿床

该类矿床(点)共有3处,代表矿床为西安河金矿床。矿床受控于太阳寺、元家坪近东西向区域韧性断裂之间的次级近东西向脆性断裂构造,位于天子山、磨扇沟2个印支期复式花岗岩体之间。区内断裂构造十分发育,与金矿化密切相关的中酸性脉岩(细晶闪长岩、闪长玢岩)广泛分布。含矿地层以李子园群为主。矿体呈脉状,产状与含矿断裂产状一致。矿体厚度1~35 m,长度10~1 000 m,延伸大于100 m。矿石矿物主要为黄铁矿,脉石矿物为石英、绢云母。矿石品位: $\text{Au } 1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ ^②。矿石具碎斑结构、半自形-他形细粒结构,角砾状、蜂窝状、细脉-网脉状、浸染状、团块状构造。矿石自然类型有:褐(黄)铁矿化构造角砾岩型、黄(褐)铁矿化碎裂细晶闪长岩型、硅化黄(褐)铁矿化碎裂绢云母绿泥片岩型、黄(褐)铁矿化硅质岩(石英脉)型。围岩蚀变主要为黄铁绢英岩化、硅化等,常见碎裂岩化现象。矿床成因与印支期花岗岩有关,为岩浆期后热液-大气降水混合流体成矿(陈永彬等,2002)。

3.6 复合型金银铅矿床

该类矿床(点)共有5处,以太阳寺金银铅矿为代表。矿床主要分布在太阳寺、李子园一带,处在印支期二长花岗岩体外接触带。含矿地层为李子园群、太阳寺岩组,矿区韧性断裂构造极为发育,其中近东西向同变质期韧性断裂为控矿构造。矿体赋存在韧性断裂带中,与细粒闪长岩脉密切相伴,产状与含矿断裂产状相一致,矿体呈薄脉状、透镜状。矿体长度10~2 180 m,厚度0.2~4.03 m,矿体延伸大于300 m。矿石组合为石英-黄铁矿-方铅矿-黝铜矿。矿石呈条带状、细脉浸染状、碎裂状构造。矿石品位: $\text{Au } 1.03 \times 10^{-6} \sim 29.32 \times 10^{-6}$, $\text{Ag } 80 \times 10^{-6} \sim 2\,400 \times 10^{-6}$, $\text{Pb } 0.12\% \sim 62.16\%$, Cu

$0.02\% \sim 1.2\%$ ^③。矿床的形成与加里东期俯冲-碰撞造山作用、区域变质作用、印支期构造-岩浆作用以及岩浆期后热液密切相关,属于火山气液成矿作用-变质热液成矿作用-岩浆热液成矿作用复合成矿。

4 成矿作用类型及其与区域构造演化的关系

4.1 海相火山-沉积成矿作用

此类成矿作用主要发生在李子园群西端的北部边缘,主要形成Fe、S等矿床。矿体的产状和变质、变形与围岩一致,具层控特征,矿石的细粒结构和条纹状构造表明,成矿作用主要发生在早古生代,磁铁矿和硫铁矿矿床和围岩伴随丹洋盆开裂而形成。矿床所处构造位置和主要类型,以及以磁铁矿和硫铁矿为主,正好与其北部祁连造山带草滩沟群中的磁铁矿和硫铁矿矿床类型相对应,说明其形成的构造环境和成矿物质来源是相同的,与前述古生代构造演化一致。

4.2 区域变质成矿作用

在加里东期俯冲-碰撞造山过程中,该区带各地质体普遍发生了强烈的构造变形和绿片岩相、低角闪岩相区域变质作用。相继形成了矿化度很高的成矿流体,并通过同构造空间迁移。Fe、S成矿热液就近叠加在火山-沉积形成的磁铁矿(化)体和硫铁矿(体化)之上使其进一步富集,形成了火山-沉积变质改造型硫铁矿矿床、磁铁矿矿床;富含Pb、Ag的成矿热液在遇到碳酸盐岩阻隔的构造空间首先沉淀,形成了热液充填-交代型银铅矿床;而含Au、Cu的成矿流体只是初步富集(汪东波等,2001)。所以在此阶段,主要形成了Ag、Pb矿床。

4.3 岩浆及岩浆热液成矿作用

此类成矿作用主要发生在印支期,主要形成了Au、Cu、Mo等矿床。与成矿有关的花岗岩类型为深源浅成中酸性-碱性岩浆和陆壳重熔花岗岩浆。此阶段西秦岭地区全面造山隆起,强烈的构造-岩浆事件造就了岩浆及岩浆热液成矿作用,成矿活动跨越了前中生代所有地块边界,成矿作用受到了矿源层、深大断裂和岩浆的多重控制。因此,成矿物质来源

① 矿床特征数据来自“天水柴家庄金矿普查报告”。

② 矿床特征数据来自“西安河金矿普查报告”。

③ 矿床特征数据来自“太阳寺金银铅矿普查报告”。

于花岗岩体本身的 Mo 成矿热液便在其内部同构造空间就位,形成了斑岩型钼矿,此前形成的 Au、Cu 成矿流体或已经初步富集了 Au、Cu 的矿化层,经岩浆作用及岩浆热液的叠加使其再度活化富集(杨礼敬等,2004),便在花岗岩体附近的构造空间就位形成了石英脉型金、铜矿床,而成矿物质主要来源于地层,岩浆热液-大气降水混合流体的 Au 成矿热液在

花岗岩体外侧的构造空间就位,形成了构造蚀变岩型金矿。

4.4 复合、叠加、改造及其意义

前述各种矿床在成矿过程中,不论期次多少和矿化强弱,都表现出多种成矿作用的复合、叠加和改造特征,反映了成矿的长期性、多期性和多因素复合性(图2)。每一个矿床的形成,都受到地质作用类

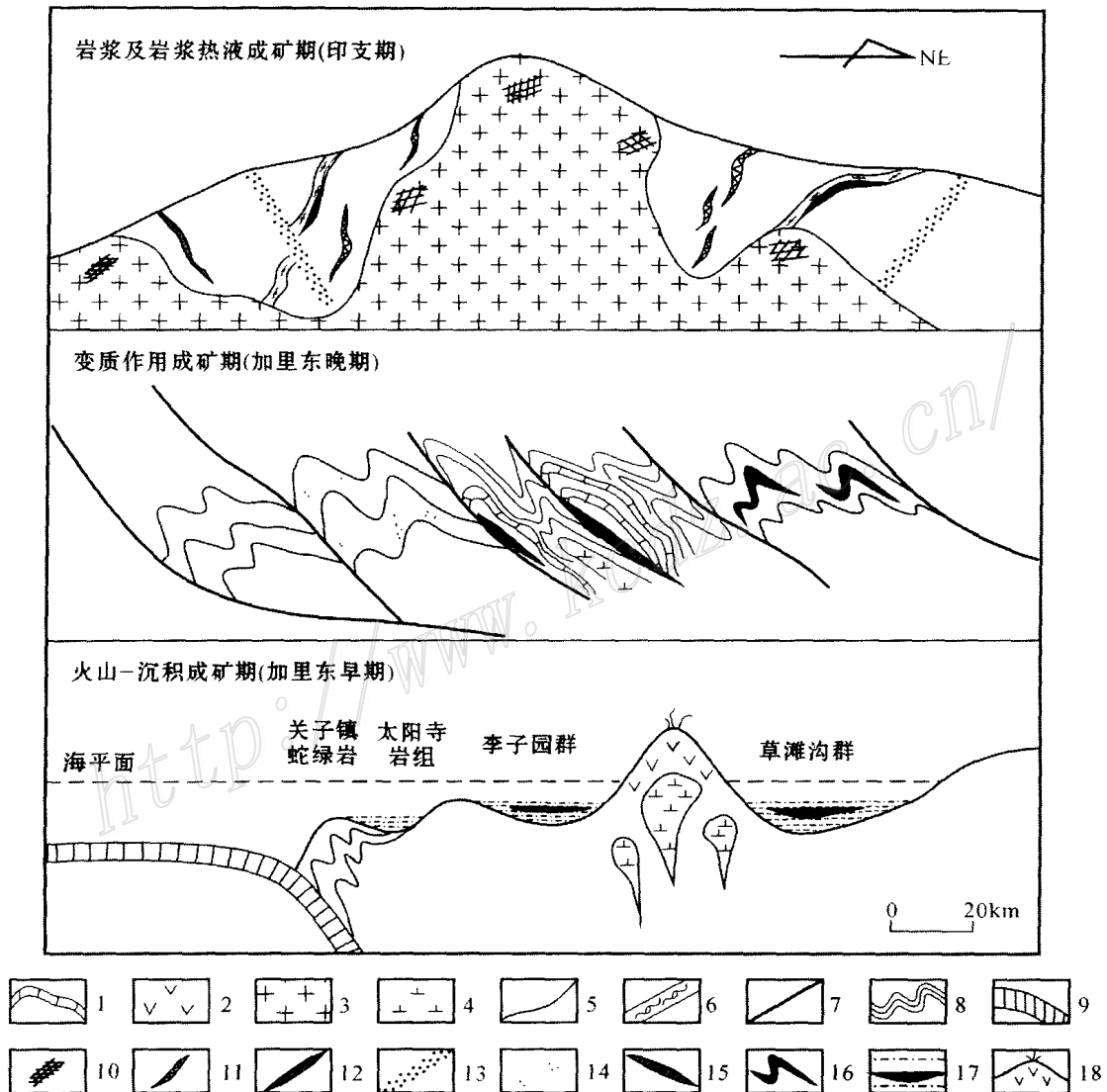


图2 西秦岭北部蛇绿混杂岩带成矿模式

1—灰岩;2—火山岩(中基性杂岩体);3—花岗岩;4—闪长岩;5—地质界线;6—韧性剪切带;7—断层;8—构造形迹;9—洋壳;10—斑岩型矿床;11—石英脉型矿床;12—复合型矿床;13—构造蚀变岩型矿床;14—早期矿源层;15—变质热液型矿床;16—变质改造型矿床;17—沉积层及火山-沉积岩型矿床;18—火山口

Fig.2 Metallogenic model of the ophiolitic mixtite belt in northern West Qinling region

1—Limestone; 2—Volcanic rocks (intermediate-basic complex); 3—Granite; 4—Diorite; 5—Geological boundary; 6—Ductile shear zone; 7—Fault; 8—Structural features; 9—Oceanic crust; 10—Porphyry deposit; 11—Quartz vein deposit; 12—Complex deposit; 13—Tectonic altered rock type deposit; 14—Early source bed; 15—Metamorphic-hydrothermal deposit; 16—Metamorphic reformed deposit; 17—Sedimentary bed and volcano-sedimentary deposit; 18—Crater

型、物质来源和构造环境的严格控制,反映了成矿的专属性;复合型矿床的形成,不同矿种、不同类型和不同时期的矿床空间相伴产出,反映了成矿的多样性和时域性;分布在李子园—太阳寺一带赋存于李子园群、太阳寺岩组中的金银铅矿床与分布在党川一带赋存于草滩沟岩群的金银铅矿床,以秦岭岩群相隔,空间上南北对应(图1),产出时间相同,而且矿床主要特征非常相似,具准对称成矿(赵彦庆等,2001),反映了区域成矿可比性特征。这些成矿特征符合了西秦岭复合造山带长期演化的复杂性和特殊性,也反映了成矿作用的普遍性和矿床形成的偶合性。然而,只有认识到“地质-成矿作用与时-空结构”偶合系统的复杂性(於崇文,1999),才能客观的总结区域成矿规律。

5 结 论

综上所述,西秦岭北部蛇绿混杂岩带成矿具有以下3个特征:

(1) 不同矿种、不同类型和不同时期的矿床集中分布、空间相伴产出,大致可分为关子铁、硫矿集区,李子园金铜、银铅矿集区和太阳寺金、金银铅矿集区。

(2) 早古生代在商丹洋壳俯冲作用下,主要形成海相火山-沉积铁、硫矿床;加里东期俯冲-碰撞造山作用下主要形成热液充填、交代型银铅矿床、变质岩改造型矿床;印支期在构造-岩浆作用下主要形成石英脉型金(铜)矿床、斑岩型钼(铜、铋)矿床、构造蚀变岩型金矿床。3期成矿以印支期最强烈,并具有继承性、多期多源性和复合改造特征(王平安等,1998),其成矿模式见图2。

(3) 海相火山-沉积作用、区域变质作用、岩浆及其岩浆热液作用对成矿有较大影响,主要成矿作用与区域构造演化过程中主要地质事件在时间和空间上相对应。

References

- Chen Y B, Liu W and Li S C. 2002. Signature and prerequisite for ore hunting of Xi'anhe gold ore deposit[J]. *Acta Geologica Gansu*, 11 (2): 45 ~ 53 (in Chinese with English abstract) .
- Ding S P, Pei X Z, Li Y, et al. 2004. Analysis of the disintegration and tectonic setting of the "Liziyuan Group" in the Tianshui area, western Qinling[J]. *Geological Bulletin of China*, 23 (12): 1209 ~ 1214 (in Chinese with English abstract) .
- Du Y L and Li L K. 1999. On geological characteristics and gold prospecting of the Danfeng Group in the northern belt of west Qinling area[J]. *Acta Geologica Gansu*, 8 (1): 1 ~ 5 (in Chinese with English abstract) .
- Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources. 1996. Petrology and stratigraphy of Gansu Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press. 50 ~ 51 (in Chinese) .
- Huo F C and Li Y J. 1998. The build and geological evolution in of West Qinling[M]. Xi'an: Northwest Univ. Pub. House. 123 ~ 129 (in Chinese) .
- Pei X Z, Ding S P, Hu B, Li Y, et al. 2004. Definition of the Guanzizhen ophiolite in Tianshui area, western Qinling, and its geological significance[J]. *Geological Bulletin of China*, 23 (12): 1202 ~ 1208 (in Chinese with English abstract) .
- Pei X Z, Li Y, Lu S N, Chen Z H, et al. 2005. Zircon U-Pb ages of the Guanzizhen intermediate-basic igneous complex in Tianshui area, West Qinling and their geological significance[J]. *Geological Bulletin of China*, 24 (1): 23 ~ 29 (in Chinese with English abstract) .
- Pei X Z, Zhang G W, Lai S C, et al. 2002. Main geological features of the Mianlue tectonic belt on the southern margin of the West Qinling[J]. *Geological Bulletin of China*, 21 (8 ~ 9): 486 ~ 494 (in Chinese with English abstract) .
- Wang D B, Shao S C, Liu G P, et al. 2001. The space-time relationship of gold to lead-zinc mineralization and its application[J]. *Mineral Deposits*, 20 (1): 78 ~ 85 (in Chinese with English abstract) .
- Wang P A, Chen Y C, Pei R F, et al. 1998. Regional minerogenetic series, tectono-microgenetic cycles and evolution in the Qinling orogenic belt[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 88 ~ 89 (in Chinese) .
- Yu C W. 1999. Large ore deposits and metallogenic districts at the edge of chaos (first half)[J]. *Earth Science Frontiers*, 6 (1): 85 ~ 102 (in Chinese with English abstract) .
- Yang L J, Hu X L and Xu Y L. 2004. Probe into metallogenic model and ore-search of Chaijiazhuang gold mine[J]. *Acta Geologica Gansu*, 13 (2): 73 ~ 78 (in Chinese with English abstract) .
- Zhang G W, Zhang B R, Yuan X C, et al. 2001. Qinling orogenic belt and continental dynamics[M]. Beijing: Science Press. 722 ~ 724 (in Chinese) .
- Zhang W J, Meng X X, Hu J M, et al. 1994. The tectonic character and orogenic process of the junction of orogenic zone of the Qilian and North Qinling [M]. Xi'an: Northwest Univ. Pub. House. 161 ~ 171 (in Chinese) .
- Zhao Y Q, Li Y Q and Chen G Z. 2004. Para-symmetry characteristics and its prospecting significance of metallization in western Qinling [J]. *Acta Geologica Gansu*, 13 (2): 85 ~ 88 (in Chinese with English abstract) .

附中文参考文献

陈永彬, 刘伟, 李锁成. 2002. 西安河金矿地质特征及找矿前景分

- 析[J]. 甘肃地质学报, 11(2): 45~53.
- 丁仁平, 裴先治, 李 勇, 等. 2004. 西秦岭天水地区“李子园群”的解体及其构造环境浅析[J]. 地质通报, 23(12): 1209~1214.
- 杜玉良, 李林科. 1999. 西秦岭北带丹凤群发育特征及金找矿方向[J]. 甘肃地质学报, 8(1): 1~5.
- 甘肃省地质矿产局. 1996. 甘肃省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 50~51.
- 霍福臣, 李永军. 1998. 西秦岭造山带的建造与地质演化[M]. 西安: 西北大学出版社. 123~129.
- 裴先治, 张国伟, 赖绍聪, 等. 2002. 西秦岭南缘勉略构造带主要地质特征[J]. 地质通报, 21(8~9): 486~494.
- 裴先治, 丁仁平, 胡 波, 等. 2004. 西秦岭天水地区关子镇蛇绿岩的厘定及其地质意义[J]. 地质通报, 23(12): 1202~1208.
- 裴先治, 李 勇, 陆松年, 等. 2005. 西秦岭天水地区关子镇中基性杂岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 24(1): 23~29.
- 汪东波, 邵世才, 刘国平, 等. 2001. 金与铅锌矿化的时空关系及应用[J]. 矿床地质, 20(1): 78~85.
- 王平安, 陈毓川, 裴荣富, 等. 1998. 西秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化[M]. 北京: 地质出版社. 88~89.
- 於崇文. 1999. 大型矿床和成矿区(带)在混沌边缘上[J]. 地学前缘, 6(1): 85~102.
- 杨礼敬, 胡晓隆, 许亚玲. 2004. 柴家庄金矿成矿模式及找矿方向探讨[J]. 甘肃地质学报, 13(2): 73~78.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社. 722~724.
- 张维吉, 孟宪恂, 胡健民, 等. 1994. 祁连-北秦岭造山带接合部位构造特征与造山过程[M]. 西安: 西北大学出版社. 161~171.
- 赵彦庆, 李永琴, 陈国忠. 2004. 西秦岭金属成矿的准对称特征及找矿意义[J]. 甘肃地质学报, 13(2): 85~88.

Relationship between ore-forming process and regional tectonic evolution of ophiolitic mixtite belt in northern West Qinling region

LI Suo-cheng^{1, 2}, CHEN Yong-bin³, ZHAO Yan-qing³ and CUI Qiao²

(1 China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2 Gansu Bureau of Geology and Mineral Resource Exploration and Development, Lanzhou 730000, Gansu, China; 3 Geological Survey of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract

According to the tectonic evolution and the geological features of ore deposits in West Qinling region, it has been concluded that these deposits with various ores, different types and different epochs are generally characterized by concentrated spatial distribution and associated occurrence. Of the three metallogenic epochs, the Indo-Chinese epoch is the most intense one, characterized by inheritance, multiple epochs and sources, and complex reformation. The marine volcanic-sedimentation, regional metamorphism, magmatism and magmatic hydrothermalism played significant roles in ore-forming processes, and the predominant ore-forming processes and the major geological events during the regional tectonic evolution are homologous in time and space.

Key words: geology, tectonic revolution, ore-forming process, ophiolitic mixtite belt, West Qinling region