

西秦岭南亚带弧形构造对热液矿床的控制*

王平安 徐刚 刘晓春 刘建民 董法先 吴淦国

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京)

(中国地质大学, 北京)

提 要: 西秦岭南亚带由白龙江复背斜及其南、北两侧的三叠系构成。白龙江复背斜东、西两端发育两套斜列的弧形构造群组, 并各自对应一个 Au (Cu、U、Hg、As) 矿体集中区; 复背斜中段为弧形构造翼部远端, 发育有 Au-S、Au-Sb 和 Au-As 组合的热液矿床。

关键词: 热液矿床 弧形构造 成矿控制 西秦岭

秦岭造山带是横亘在我国大陆中部的一条 EW 向巨型陆内造山带。在西秦岭造山带的南亚带, 发育了以 NWW 向的白龙江复背斜 (组成地层为震旦系—白垩系) 为轴心, 东、西两端各发育一套斜列的弧形构造, 南、北两侧大面积分布海相三叠系、构造格局。

西秦岭南亚带热液矿床以金和铀为主要矿种, 其次为铜, 伴、共生有砷、锑、汞等。由复背斜两端弧形构造顶部集中发育地带向复背斜中段弧形构造翼部远端, 热液矿床成矿元素的变化趋势为: (西) Au→Au-U-Cu→Au-S→Au-Sb→Au-As→Au-Cu (东)。该区热液矿床的成矿控矿规律已有专门论述^[1~5]。矿床赋矿地层以三叠系为主, 次为白龙江复背斜的古生代地层。矿床受中酸性 (或碱质中酸性) 小岩体 (脉)、隐爆角砾岩及断裂和韧-脆性剪切构造控制, 矿体或直接产在岩脉及隐爆角砾岩体中, 或在其旁侧的断层、节理中。成矿岩浆岩为印支-燕山期中酸性浅成-超浅成侵入岩及火山岩, 部分为碱性-偏碱性岩。成矿时代以中生代为主, 可延至喜马拉雅期。如贡北金矿田的中、酸性岩株 (脉) K-Ar 年龄为 $190.0 \times 10^6 \sim 190.6 \times 10^6$ a (甘肃地质三队, 1996), 本文测得其黑云母³⁹Ar-⁴⁰Ar 法坪年龄为 $(222.5 \pm 2.6) \times 10^6 \sim (237.7 \pm 1.7) \times 10^6$ a, 等时线年龄为 $(223.0 \pm 2.8) \times 10^6 \sim (236.5 \pm 2.4) \times 10^6$ a; 而在拉尔玛金矿田则得到 $(58.2 \sim 40.8) \times 10^6$ a 的³⁹Ar-⁴⁰Ar 年龄^[6]。

1 西部弧形构造特征及控矿

1.1 西部弧形构造特征

西总部弧形构造位于白龙江复背斜轴的倾伏部位。主体为由五组顶部向南凸出的弧形构造组成一系列 NW 向斜列展布的套弧, 由南向北分别为大水弧、尕海弧、尼日弧、尕秀弧及赛尔龙弧。郎木寺弧和波海-热尔玛弧位于上述 5 组弧形构造东侧, 弧顶分虽朝向 N 和 NE。大水弧为本区主要控矿构造, 在其弧顶有近 SN 向的张性断裂, 近弧顶的翼部则发育了近 EW 向的压扭性断裂。大水弧南侧为西秦岭南部边界断裂, 即玛曲-略阳深大断裂带, 再向

* 国土资源部“九五”科技攻关项目 95-02-002-02 课题阶段性成果

王平安, 男, 生于 1964 年, 博士, 副研究员, 1984 年毕业于长春地质学院岩化系地球化学专业。长期从事矿床地质、地球化学和区域成矿规律及找矿预测研究工作。邮政编码: 100081

南为松潘-甘孜褶皱系北部的阿坝地块, 该地块制约了此区弧形构造的空间分布与组合形态。

除波海-热尔玛弧为似箱状复式褶皱外, 其他弧形构造均呈现为较宽缓的褶皱与断裂; 其水平延伸长度一般为顶部至翼部间最大跨度(宽度)的 2~3.6 倍(表 1)。除了沿地层走向展布的断层外, 靠近弧顶部位尤其发育近 SN 向断裂, 卫星遥感影像上也有明显反映。沿大水弧轴向自北向南观察发现, 由核心至弧顶外侧地层中碳酸盐岩的破碎程度逐渐增高, 被方解石脉充填的近 SN 向断裂、裂隙逐渐增多, 有些被含金似碧玉岩充填而成为金矿脉。

表 1 西秦岭南亚热带西部弧形构造特征一览表

弧形构造名称	组成地层	弧顶朝向	顶-翼部最大跨度	水平延伸	岩 浆 岩	遥 感 影 像
大水弧	泥盆系—三叠系为主, 次为侏罗系和白垩系	S	20 km	50 km	印支期花岗闪长岩及石英二长岩分布于弧顶及西翼	近 SN 向断裂通过弧顶, 弧顶有直径 10 km 和 5 km 的环形影像, 西翼有套合环形影像
尕海弧	石炭系至三叠系、白垩系	S	16 km	30 km	西翼出露闪长岩岩株	与尕海弧同形态的弧形影像, NE 向及 NW 向的线性影像
尼日弧	泥盆系和三叠系为主, 少量二叠系及第三系	S	22 km	80 km	东翼有闪长岩脉出露	与尼日弧同形态的弧形影像和 NE、NW 向线性影像
尕秀弧	三叠系为主, 次为第三系和第四系	S	18 km	48 km	东翼有闪长岩脉出露	
赛尔龙弧	三叠系及第三系	S	30 km	85 km	未见出露	
波海-热尔玛弧	志留系—石炭系	NE	10 km	10 km	未见出露	直径 8.0 km 的环形影像和 NE、NEE 及 EW 向线性影像
郎木寺弧	二叠系—白垩系	N	16 km	45 km	东翼北侧有中生代花岗斑岩及火山岩	顶部近 EW 和 SN 向线性影像, 东翼发育直径 3~7.5 km 的复杂套合环形影像及 NWW-NNW 向线性影像

1.2 西部弧形构造对岩浆岩的控制

西部弧形构造对中生代浅成-超浅成(碱质)中酸性岩浆岩的控制是显著的。从地表出露和工程揭露情况看, 与成矿关系较密切的晚印支期岩体(脉)大多发育在弧形构造顶部。最典型的为大水弧, 它控制着贡北金矿田中的印支期碱质花岗闪长斑岩和石英二长斑岩岩体和岩脉。大水弧顶部发育与大水、格尔托和贡北金矿床成矿关系十分密切的格尔括合二长斑岩体和大量黑云母辉石二长斑岩脉, 以及与忠曲和辛曲金矿床密切相关的忠克辉石黑云母二长岩株和众多岩脉, 上述岩脉的空间展布方向多为近 SN 向或 NWW 向, 是受大水弧顶部的次级近 SN 向张性断裂和 NWW、NEE 向层间滑动面制约的; 大水弧顶部偏西还出露有规模较大的忠格扎拉二长斑岩体, 此岩体南侧已发现了大水式金矿床——恰若金矿。在大水弧弧顶外侧部位, 大水金矿床的南部, 通过卫星遥感解译发现有直径约 10 km 和 5 km 的环形影像, 西翼还有套合环形影像, 这些不形影像预示有隐伏岩体的存在。

1.3 西部弧形构造对热液成因矿床的控制

西部弧形构造控制的贡北—拉尔玛金、铀、铜(锑、汞)矿化集中区, 包括贡北金矿田和拉尔玛金-铀矿田。

贡北金矿田包括大水、贡北、格尔托、忠曲等金矿床, 属与岩浆活动有关的浅成中低温热液矿床的特殊类型, 即热泉型和脉型的中间过渡类型, 以大量发育似碧玉岩型金矿石为其重要特色。该类金矿床的矿体空间展布方向与岩脉基本一致, 有些岩脉和隐爆角砾岩直接发

生矿化而成为金矿体，也有些矿体受同成矿期构造-热液岩溶的控制。矿体围岩蚀变主要有硅化碳酸盐化和似碧玉化等。岩浆岩蚀变类型有碳酸盐化、玉髓化及赤铁矿化等。可见，矿体（矿石）的蚀变类型与岩浆岩基本一致。矿体和岩浆岩脉（包括隐爆角砾岩）不仅在空间上受到弧形构造顶部及其附近的近 SN 向次级断裂和其他方向的层间滑动破碎带控制，而且矿体的围岩蚀变的空间分布范围与形态也基本上是受上述相同的构造控制的。

拉尔玛金-铀矿田处于白龙江复背斜西段近铀部的向西倾伏部位，由拉尔玛、邛莫及牙相金矿床和若尔盖铀矿床组成。其成矿元素以 Au、U 为主，伴生 As、Sb、Hg、Cu、Mo、Ni、V、Pt 族元素等，属沉积-热液改造成因。该矿田受弧形构造（郎木寺弧）及白龙江复背斜南翼近 EW 向逆冲推覆构造的联合控制。在郎木寺弧东翼发育复杂套合环形影像及 NWW—NNW 向线性影像。其中环形影像可能为隐伏岩体造成，在拉尔玛金-铀矿田西段，经工程揭露已发现浅成蚀变中酸性脉岩；其中的线性影像应反映弧形构造的次级构造以及近 EW 向的逆冲推覆构造。此外，遥感解译还发现一个规模更大的弧形构造影像，西起贡北金矿田的西部，东至拉尔玛金-铀矿田的东部，囊括了大水弧和郎木寺弧。

2 东部弧形构造特征及控矿

2.1 东部弧形构造特征

东部弧形构造位于白龙江复背斜东端与碧口地块毗邻近，由宕昌-雷坝弧、武都弧、文县弧及白马弧构成一系列 NE 向斜列展布的套弧，内部发育背、向斜相间的褶皱和断裂（深大断裂、逆冲推覆、韧性剪切等）构造，其形成主要受其南部的碧口地块制约。组成地层为中、上元古界至中、新生界。规模较大的弧形构造为武都弧和文县弧（表 2）。每条弧形构造的弧顶部位均发育有近 SN 向的张性断裂，卫星遥感解译也发现有同方向的线性遥感影像。文县弧的弧顶和东翼碧口地块与白龙江背斜过渡交接部位，亦是玛曲-略阳深大断裂通过，构造线方向急剧变化的部位。这样的构造部位造成了多组方向构造集中发育的格局。

表 2 西秦岭南亚热带东部弧形构造特征一览表

弧形构造名称	组成地层	弧顶朝向	顶—翼部最大跨度	水平延伸	岩 浆 岩	遥 感 影 像
宕昌-雷坝弧	泥盆系—三叠系为主，其次有白垩系及第三系等	SW	50 km	200 km	印支期花岗闪长岩、碱性二长花岗岩及二长花岗岩；喜山期辉绿岩等	
武都弧	志留系—三叠系为主，其次有侏罗系、白垩系及第三系等	S	8 km	200 km	印支期石英闪长岩、石英闪长玢岩、花岗岩、花岗闪长岩、正长岩；喜山期辉绿岩	顶部发育弧形影像和直径 6.2~6.5 km 的环形影像及 SN 向、NW 向和 NE 向线性影像
文县弧	泥盆系、三叠系为主，其次有石炭系、二叠系	S	16 km	80 km	花岗岩脉、花岗闪长岩脉等	顶部发育直径 5.0 km 左右的单环和套合环形影像及近 SN 向线性影像和弧形影像
白马弧	泥盆系为主，还有石炭系、二叠系及中元古界青白口系	S	18 km	48 km	印支期花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩；花岗斑岩脉、闪长玢岩脉、辉绿岩脉等	近 SN 向和 NW 向线性影像及直径 2.5~7.5 km 的套合环形影像

2.2 东部弧形构造对岩浆岩的特征

与东部弧形构造对应发育众多中生代中酸性岩浆岩体和岩脉,北部发现有喜马拉雅期的辉绿岩脉。自北向南,中酸性侵入岩的规模或数量渐趋增多增大。宕昌-雷坝弧有印支-燕山期花岗闪长岩、碱性二长花岗岩及二长花岗岩等;武都弧有印支-燕山期石英闪长岩、花岗岩、花岗闪长岩和正长岩等;文县弧发育有花岗岩脉和花岗闪长岩脉等;白马弧发育印支期花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩体及闪长玢岩脉等。小金厂斑岩花岗闪长岩体呈近 SN 向发育于宕昌-雷坝弧和武都弧之间。文县弧与白马弧之间发育中酸性岩体/脉群。

武都弧、文县弧和白马弧顶部及附近发现规模不一、复杂程度不等的环形遥感影像。野外观察和地球物理分析认为,这些环形遥感影像是由隐伏的中酸性岩浆岩体引起的。

2.3 东部弧形构造对热液成因矿床的特征

东部弧形构造的控矿方式与西部类似,但其所控制的矿床种类稍有区别:西部以金、铀为主,而东部则以金、砷为主。宕昌-雷坝弧和武都弧共同控制了小金厂金-铜(铁)矿田:武都弧西翼为坪定砷-金矿床和九源砷-金矿床;文县弧顶部的石鸡坝—联合村金矿田中,大部分金矿体直接赋存在中酸性花岗闪长岩脉中;文县弧西翼为马脑壳—两河口砷-金矿田;文县弧和白马弧共同控制文县铁楼寨—阳尕山金-铜成矿远景区;白马弧南侧为平武银厂金矿床。弧形构造的控制形式:一是弧顶部位近 SN 向张性断裂及其与其他方向和型式次级断裂的交汇部位直径控制成矿流体的活动通道和金(铜)矿体的赋存场所;二是由上述断裂控制与成矿有关的岩浆岩,这些岩浆岩为成矿提供空间场所、热源和成矿流体;三是弧形构造翼部的次级张扭性或压扭性断裂控制砷-金矿床(体)及有关的中酸性岩浆岩。

3 西秦岭南亚带弧形构造控岩控矿机制及其实际意义

西秦岭南亚带的弧形构造既控制了热液矿床的导矿和赋矿构造,也控制成矿岩浆岩。在弧形构造的形成发展过程中,弧顶部位始终处于特殊复杂的应力应变状态,形成多组、多方向、多种型式的断裂构造及其叠加复合,造成深部张性环境并引起骤发性减压,导致中酸性岩浆上升侵位和火山喷发;这些部位是构造应力驱动成矿热流体上升循环和矿质集中沉淀的良好空间,有利于矿石的大规模富集。弧形构造翼部的压扭性断裂和相对张性部位为小规模岩浆侵入有关的成矿热流体活动提供构造空间,因而也是较有利的成矿部位。对西秦岭南亚带弧形构造的形成及其控岩控矿机制的认识,不仅有助于研究西秦岭中、新生代地质构造演化规律,也可为该区热液矿床的找矿勘查工作提供进一步的理论指导。

参 考 文 献

- 1 李亚东. 白龙江地区逆冲推覆构造及其与金矿的关系. 贵金属地质, 1994, 3 (4): 262~268.
- 2 朱俊亭, 王忠福等. 秦岭大巴山地区矿产资源和成矿规律. 西安: 西安地图出版社, 1992.
- 3 陈毓川, 王平安, 秦克令等. 秦岭地区主要金属矿床成矿系列的划分及区域成矿规律探讨. 矿床地质, 1994, 13 (4): 289~298.
- 4 王平安, 陈毓川, 裴荣富等. 秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化. 北京: 地质出版社, 1998.
- 5 王平安, 徐刚, 董法先等. 西秦岭白龙江复背斜两端弧形构造控矿特征初探. 地质力学学报, 1998, 4(1): 45~50.
- 6 王驹. 碳硅泥岩型金(铀)矿床成矿富集地球化学. 北京: 原子能出版社, 1994.