第 10 卷 第 4 期
2004 年 12 月

黄 金 地 质
GOLD GEOLOGY

Vol. 10 No. 4
Dec., 2004

甘肃阳山金矿构造控矿模式

袁士松[1]，张继武[2]，齐金忠[1]，刘志杰[1]，金宝义[1]
(1. 武警黄金地质研究所，河北 廊坊 065000；2. 长春黄金研究院，吉林 长春 130012)

摘要：阳山金矿位于扬子板块与秦岭造山带结合带上，矿体赋存于泥盆系三河口群浅变质碎屑岩建造中。矿床受地层、构造以及早侏罗世岩浆活动的共同控制，其中构造控制着岩浆、成矿流体的活动以及矿体的就位，为主要控矿因素。该矿床主要受安昌河—观音坝断裂带控制，带内一系列次级层间剪切带或次级断裂是金矿体的有利赋矿部位。成矿年代学研究及矿区构造应力分析表明，阳山金矿最终形成于第三纪早期，成矿前矿区应力以近 SN 向挤压为主，成矿期以 NE 向挤压为主，且应力大小与金矿化成正比。

关键词：金矿；控矿构造；控矿模式；甘肃
中图分类号：P618.51 **文献标识码**：A **文章编号**：1006-558X（2004）04-0023-05

甘肃阳山金矿床位于川陕甘交界的金三角地区，是 1997 年发现的超大型微细浸染型金矿床，目前已发现 4 个矿段。矿床大地构造位置处于秦岭褶皱带及扬子板块北缘褶皱带的复合部位，西秦岭南亚带。

1 成矿地质背景

1.1 区域构造

阳山金矿位于西秦岭南亚带，为西秦岭构造带的组成部分。它夹持于华北板块和扬子板块之间，与西部的松潘—甘孜构造带过渡衔接，无明显界限。曾佑勋[1]针对陕甘川邻接区提出了复合造山带滑脱挤出构造模式(图 1)；而杜子图等[2]认为西秦岭属秦岭—昆仑纬向构造体系和川、滇经向构造。阳山金矿位于白龙江复背斜的东南部，控制本区的主要构造为文县弧形构造，它由一系列近 EW 向断裂及褶皱构成。矿区以白马—临江断裂为界，南为扬子北缘构造带，北为南秦岭构造带，各地层单元多呈近 EW 向带状展布，呈断裂接触，变形作用强烈。兰州地质勘查院（1999）将该区由南向北分为扬子北缘和华力西、印支期褶皱带和燕山期山间盆地，其间受边界断裂所限[3]。

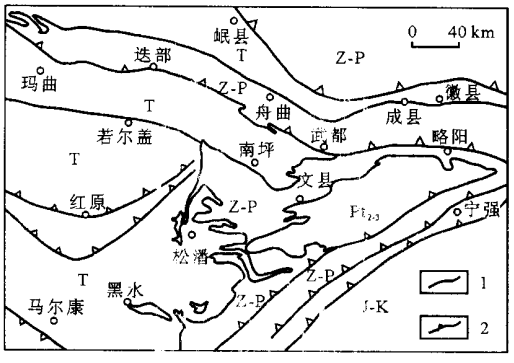


图 1 陕甘川邻区构造略图（据文献[1]）
J—K—侏罗—白垩系；T—三叠系；Z—P—震旦—二叠系；Pt_{2-3}—中—新元古界碧口岩群；1—滑脱断层；2—滑脱—逆冲断层

1.2 矿区地质

收稿日期：2004-09-14。王美娟编辑。
作者简介：袁士松（1977-），男，河南开封人，武警黄金地质研究所助理工程师，学士，从事金矿地质工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

矿区出露的地层主要有元古宙碳酸盐岩、硅质岩、千枚岩、板岩及绿片岩等；泥盆系三河口群千枚岩、灰岩、板岩、砂岩、含铁石英岩等；局部还出露下石炭统灰岩、板岩及石英砂岩和二叠系灰岩、白云岩、砂质板岩等，此外还出露少量三叠系碎屑岩[4]。其中泥盆纪海相碎屑岩—碳酸盐岩沉积岩系为阳山金矿床的主要围岩，推测其为一套热水沉积。

由于阳山金矿位于两大板块的复合部位，区内多种岩石建造、多期的变质变形和岩浆活动，强烈反复的伸展与推覆剪切和褶皱活动，形成了阳山金矿复杂的地质构造背景。区内主要构造带有石坊—关家沟、安昌河—观音坝断裂带，汤卜沟—何家坝逆冲断裂带及水草坝—马蹬岩逆冲推覆断裂带，四者近于平行，其中安昌河—观音坝断裂带为阳山金矿的主要容矿断裂，该断裂总体呈NEE向展布，为一多期复合挤压拼贴构造带，带内次级褶皱发育，且同时伴生一系列次级剪切带或断裂，金矿体就定位于剪切带和断裂中[5]。

本区岩浆岩出露面积较小，主要为浅成的花岗质岩脉、小岩株，即斜长花岗斑岩、黑云二长花岗斑岩、花岗细晶岩以及霏细斑岩等；岩石 w（SiO_2）为69.85 %～80.77 %，w（$K_2O + Na_2O$）为3.17 %～7.82 %，里特曼指数为0.3～0.4，属钙碱性系列。其中斜长花岗斑岩脉在矿区出露最为广泛，与金矿成矿关系最密切（金矿体一般产于斜长花岗斑岩脉的内外接触带附近）。

2 控矿构造特征

本区发育一系列由北向南的逆冲断裂及次级的由南向北高角度逆冲推覆构造，逆冲、推覆以及相伴的次级断裂、褶皱、层间剪切滑动带在区域上表现为矿区发育一系列NEE向展布的褶皱及断裂，野外观测发现该区地层产状多变、岩石破碎蚀变强烈。

2.1 褶 皱

野外观测到的褶皱主要有金子山复向斜与葛条湾—草坪梁复背斜。复向斜主体位于金子山一带，轴向80°，两翼主要为泥盆系，轴面N倾，产状340～10°∠70°，其轴部和翼部岩层中次级褶皱发育，轴部变形强烈。北翼在矿区有所出露，但遭受断裂破坏，地层破碎且产状变化较大，南翼地层保存完好，层序正常，岩层产状340°∠70～80°；局部倒转，北翼被残坡积物覆盖，地表多灰岩滚石，矿化较弱。葛条湾—草坪梁复背斜西起马连河，向东延至草坪梁一带，全长约10 km，宽约1 km，在安坝一带两翼出露较全，葛条湾一带北翼较为发育，产状陡立，局部倒转。南翼受断层影响发育较差，金矿化较强，葛条湾及安坝矿段主矿体均赋存于南翼；在北翼贾那下附近构造破碎带中取样分析品位达到2 ×10⁻⁶，安坝矿段的8，9，10号矿脉均赋存于北翼，但规模都不大。褶曲的地层为中泥盆统三河口群千枚岩、灰岩及砂岩，背斜核部沿河那下—安坝里呈EW向延伸。对褶皱两翼地层产状统计，筛选优选方向并进行投影结果为北翼16°∠45°，南翼194°∠53°，枢纽产状105°∠1°，近于水平。据野外观察，葛条湾一带南翼倾向150～180°，所以褶皱枢纽E倾趋势可能更为明显。

此外，矿区还发育大量小褶曲，包括开阔、紧闭、平卧褶曲及小的倒转背斜等，其中以紧闭褶曲较为常见，多数小褶曲也有金矿化，但规模都较小。

2.2 断 裂

矿区主要断裂为安昌河—观音坝断裂，总体呈NWW向，由一系列次级断裂及强变形带构成，没有明显、连续的断层面及稳定的构造角砾岩。具NEE及NWW向2组次级断裂带，均发育在背斜的翼部。

NEE向次级断裂带为矿区的主要断裂，

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

规模较大的发育于矿区南部，沿杨树底下—三角地—草坪梁一带分布，分支复合特征明显，或夹较硬地层的构造透镜体，为安昌河—观音坝断裂带的主要组成部分，也是重要的含矿断裂，葛条湾矿区 401，402，403，404 号矿脉以及安坝矿段 305，314 等矿脉均赋存于该断裂带中。

该断裂带由一系列次级断裂构成，次级断裂部分 S 倾，另一部分向 N 倾，与所处部位地层产状基本一致（顺层断层）。断裂带内常有碳质千枚岩发育，局部厚达 5 m 以上，显示断层沿地层中的软弱层面发育，与岩石强度有关。软弱层面作为构造薄弱带，应力容易在此集中，导致岩石破裂而形成断裂。断层中充填的斜长花岗斑岩脉常被挤压成扁豆状，显示断层曾有过多次活动。

断层走向一般为 75°，倾角 50～60°，宽一般 100～400 m，断裂带内岩石破碎、强烈挠曲变形，常伴有较强的热液蚀变、岩石褪色等现象，局部地段可见有 2 组擦痕，也显示断层多期次活动的特点。

NWW 向断裂带在阳山金矿带各矿段均存在，尤其在葛条湾矿段出现较多，且主要产在葛条湾—草坪梁复背斜北翼，与地层产状基本一致，是一组顺层断层。长一般 500～1 500 m，宽 50～300 m，走向 95～115°，倾角 40～50°，多 N 倾，该组断裂同样是含矿断裂，野外取样分析调查结果表明，河那下以北的 5 条 NWW 向断裂中均有不同程度的金矿化，其中贾那下附近的 NWW 向断裂规模最大，矿化最好。矿区 NWW 与 NEE 向断裂分别位于复背斜的南北两翼，2 组构造有多个交汇处，其中安坝交汇处形成厚大的金矿体。

SN 向断裂在矿区马连河、观音坝一带也常见及，一般延长较短，多小于 500 m，断层面陡倾，局部有矿化现象（观音坝南部），但规模较小。由于矿区总体受 SN 向挤压作用，所以，近 SN 向的断裂多为张性，属区域主构造的派生构造。

3　控矿构造应力场特征

对热液型金矿床来说，成矿过程就是成矿流体在一定压力差驱动下，沿一定构造空间运移并最终在有利的构造部位富集成矿的过程，所以，对成矿区带进行构造应力分析受到越来越多的重视。笔者对区内所观测到的褶皱、断裂、节理等构造产状进行统计和投影分析，并用透射电子显微镜对石英中位错密度进行统计，计算出成矿期差应力值，进一步探讨了其与金矿化的关系。

3.1　区域构造应力

是指成矿流体在有利成矿构造部位最终富集成矿之前的区域构造活动所产生的变形应力状态，即区内开始产生强烈变形时的构造应力状态。

主要选择矿区外围典型构造产状数据进行统计：1）白马—临江断裂，在河口村附近见该断裂带附近的次级褶皱发育，根据断层面及次级褶皱轴面产状确定其应力方向 $\sigma_1 = 345°\angle 18°$，$\sigma_2 = 76°\angle 7°$，$\sigma_3 = 183°\angle 71°$（图 2 - A）；2）安昌河北部泥盆纪硅化砂岩中共轭剪节理，野外确定共轭剪切节理的

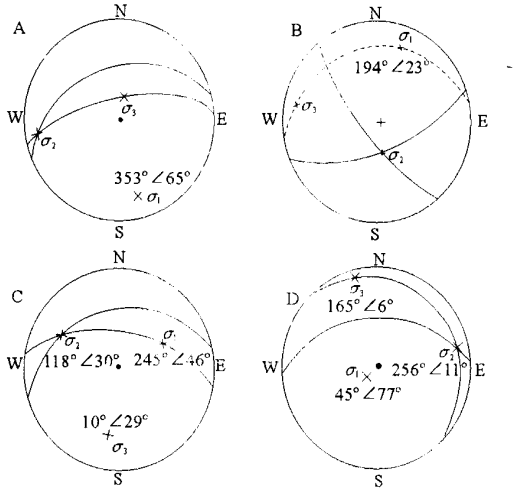


图 2　阳山金矿构造应力分析图

A—白马—临江断裂派生构造；B—安昌河北部共轭剪节理；C—安坝南部矿化裂隙；D—安坝东部矿化裂隙

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

压缩方向，并将节理产状进行统计（共 80 组），求出优选方位，进而求得应力状态 σ_1 = 194°∠23°，σ_2 = 353°∠65°，σ_3 = 101°∠8°（图 2 - B）。

3.2 矿区构造应力

主要统计与石英脉及黄铁矿（褐铁矿）化石英脉有关的节理裂隙，以确定成矿时的应力状态：1）安坝南部矿化裂隙，安坝南 D_2s_4 千枚岩中含矿断裂带及伴生的张性构造应力状态 σ_1 = 245°∠46°，σ_2 = 118°∠30°，σ_3 = 10°∠29°（图 2 - C）；2）安坝东部矿化裂隙，安坝东 D_2s_4 千枚岩中含矿断裂带及伴生的压性构造应力状态 σ_1 = 45°∠77°，σ_2 = 256°∠11°，σ_3 = 165°∠6°（图 2 - D）。

以上分析表明，区域与矿区构造应力方向一致，成矿前（三叠纪末）[4]构造主压应力为近水平 SN 向挤压；成矿期最大主压应力以近 NE 向较高角度挤压为主；成矿后（早中侏罗世）构造活动趋弱，呈现为较弱的 SN 向伸展，产生以滑脱正断层为主的构造。成矿期最大主压应力方向指示矿体在复背斜北翼向 NE 侧伏，在南翼向 SW 侧伏。

3.3 构造差应力与金矿化

石英差应力的计算采用位错密度统计法（表 1），本区石英差应力为 85.3～142.5 MPa（平均 108.3 MPa）。而中国胶东地区的石英-黄铁矿脉为 77～95 MPa（万天丰，1995），河南祁雨沟矿区的石英-黄铁矿脉为 80.7～108.8 MPa（齐金忠，2001），相比本区值明显偏大，推测与成矿时构造活动强烈有关。将差应力与其 lg［w（Au）］进行对比（图 3）得知在千枚岩中发育的细石英脉差应力与其中 w（Au）正相关，而斜长花岗斑岩脉中的石英细脉差应力较低，但其 w（Au）最高，这可能由于斜长花岗斑岩脉能干性较高，在构造应力作用下局部产生构造虚脱，导致差应力变小。构造虚脱空间有利于成矿热液运移，从而形成矿体。即在区域构造应力场作用下，构造差应力值较低的一些构造虚脱空间对成矿较为有利。

表 1 草坪梁平硐石英构造差应力测算结果

样 号	平均自由位错密度/ cm^{-2}	差应力 10^6 Pa	测试结果 lg[w(Au) / 10^{-9}]
YM2 - 1	996 279 070	142.5	1.0
YM2 - 4	457 881 137	85.3	0.3
YM2 - 7	863 255 814	129.6	1.0
YM2 - 9	665 116 279	109.1	0.6
YM2 - 11	618 087 885	104.0	0.9
YM2 - 15	718 346 253	114.8	1.4
YM2 - 18	653 023 256	107.8	0.5
YM2 - 24[1)]	544 186 047	95.6	4.5
YM2 - 26[1)]	548 837 209	96.1	4.1
YM2 - 29[1)]	658 604 651	108.4	3.6
YM2 - 31	760 000 000	119.2	2.0
YM2 - 34	644 651 163	106.9	0.5
YM2 - 37	484 754 522	88.6	- 0.5

1）为斜长花岗斑岩脉中发育的石英脉，其余为千枚岩中发育的石英脉；由中国地质大学（北京）构造教研室测试，2002；测试仪器：北京理化中心 H - 700 透射电镜

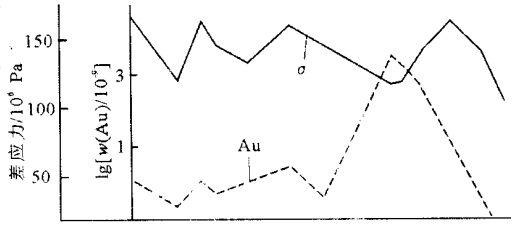


图 3 石英差应力与 lg［w（Au）］对应关系图（据文献［5］）

4 构造控矿模式

阳山矿区构造特征及其应力场分析表明，在成矿期（前泥盆纪）本区沉积了一套 w（Au）较高的碳、硅、泥质地层，并有含黄铁矿沉积条带的千枚岩、板岩，在沉积成岩及其后（印支期）的区域浅变质过程中 Au 被初步富集。三叠纪末—侏罗纪初，由于区域强烈的构造活动，在区域上产生近水平 SN 向挤压作用，形成了近 EW 向大型逆断层（松柏—黎坪断裂及其分支——安昌河—观音坝断裂带），造成阳山金矿区构造总

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

体近 EW 向展布[6~10]，具体表现为区域性的近 EW 向逆冲断裂和两翼较陡、枢纽近 EW 向的褶皱；随后由于区域构造减弱，最大主应力变为近 NE 向高角度挤压为主，在褶皱两翼产生层间破碎带，并在核部产生虚脱，提供容矿空间，燕山早期岩浆岩沿断裂及层间破碎带上侵，与岩浆活动有关的成矿热液叠加于泥盆系之上，使其中 Au 进一步富集，并最终在虚脱部位富集、叠加形成了阳山金矿。故阳山金矿为褶皱-断裂复合式控矿（图 4），即阳山金矿带总体展布受安昌河—观音坝断裂带控制，矿脉主要产于该断裂带的次级破碎带或顺层剪切带内，表现为复背斜两翼成矿，矿体在靠近复背斜核部虚脱部位趋于变厚，到翼部变薄、尖灭；在垂向上由于褶皱两翼后期挤压作用造成一系列近于平行的顺层断层或层间破碎带，可见多矿体并存的现象。目前该模式部分已由深部探矿工程得到验证。

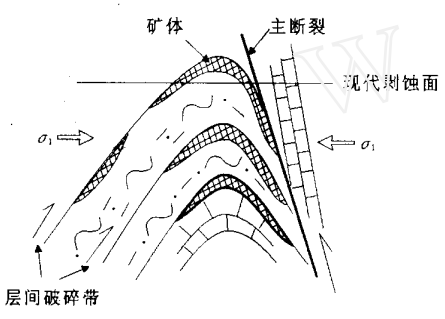


图 4　阳山金矿床构造控矿模式

参考文献：

[1] 曾佑勋. 陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿关系[J]. 地球科学，2001，26（6）：631-637.

[2] 杜子图，吴淦国. 西秦岭地区构造体系及金成矿构造动力学[M]. 北京：地质出版社，1998.

[3] 董瀚，张海峰. 甘肃省堡子坝幅 1∶5 万地质图说明书[M]. 甘肃 兰州：甘肃地质出版社，1999.

[4] 齐金忠，袁士松，郭俊华，等. 甘肃省阳山金矿带成矿规律与找矿方向研究[R]. 河北 廊坊：武警黄金地质研究所，2001.

[5] 齐金忠，刘志杰，袁士松，等. 甘肃省文县阳山金矿带控矿构造研究与成矿预测[R]. 河北 廊坊：武警黄金地质研究所，2003.

[6] 翟裕生. 大型构造与超大型矿床[M]. 北京：地质出版社，1997.

[7] 耿树方. 秦巴金属矿产成矿概论[M]. 北京：地质出版社，1994.

[8] 涂光炽. 中国超大型矿床（Ⅰ）[M]. 北京：科学出版社，2000.

[9] 王湘，吴泽源. 陕西南部勉略宁地区地质背景及成矿特点探讨[J]. 西北金属矿产地质，1988，5（2）：1-9.

[10] 张国伟，董云鹏. 秦岭造山带基本组成与结构及其构造演化[J]. 陕西地质，1997，15（2）：1-14.

Structural-control model of the Yangshan gold deposit, Gansu

YUAN Shi-song[1], ZHANG Ji-wu[2], QI Jin-zhong[1], LIU Zhi-jie[1], JIN Bao-yi[1]

(1. *Gold Geological Institute of CAPF, Langfang* 065000, *Hebei, China*; 2. *Changchun Gold Institute, Changchun* 130012, *Jilin, China*)

Abstract: The Yangshan gold deposit is located in the junction area of Yangzi plate and Qinling orogenic belt. The ore-body occurs in form of epimetamorphic fragment of the Sanhekou Group of Devonian system. The deposit is controlled by strata, structure and the magmatic activity of early Jurassic period. Among them, the structure is the main ore-control factor and dominates the activity of magma and ore fluids, and influences the emplacement of ore body. The deposit is mainly controlled by the Anchanghe-Co-Guanyinba fault, the sub-interlayer shear belts and sub-fault belts of it are the favorable place where gold ore body occurrence. The metallogenic chronology and field tectonic stress analysis show that the Yangshan deposit was finally formed in the early Tertiary period, and the field stress before ore-forming period were mostly the nearly SN strike pressures, and during ore-forming period were mostly the NE strike pressures. The degree of stress has direct ratio with gold mineralization.

Key words: gold deposit; ore-control structure; ore-control model; Gansu

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net