甘肃省阳山金矿控矿构造分析及其意义

王行军¹,王梓桐²,王根厚¹,孟献真³,陈胜男⁴,陶 虹⁵,刘 洋⁶ (1.中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083; 2.成都理工大学地球科学学院,成都 610059; 3.安微省地质测绘技术院,合肥 230022; 4.广东省地质建设工程集团公司,广州 510080; 5.中国地震局地球物理勘探中心,郑州 450002; 6.天津地质矿产研究所,天津 300170)

摘 要:阳山金矿产于勉阳-略阳板块缝合带中,经历了以逆冲推覆构造为主的复杂构造改造。通过构造研究把阳 山金矿内的构造分出四期。第一期构造变形表现为由北向南逆冲,为韧性变形,构造置换明显、完全,形成透入性面 理,剪切褶皱、无根褶皱、S-C组构、压力影、旋转碎斑、多米诺骨牌、石香肠等构造发育,构造岩为糜棱岩、超糜棱岩、 构造片岩,并伴随有大规模的花岗岩岩浆活动,形成于三叠纪末-早侏罗世。第二期构造变形为由南向北的伸展构 造,主要表现对第一期面理的改造和再利用,多为韧性变形,可见剪切褶皱、旋转碎斑等构造,构造岩为糜棱岩,顺层 张性石荚脉的发育,并伴随有大规模的岩浆活动,形成于侏罗纪末-早白垩世早期。第三期构造为脆韧性变形,为由 南向的北逆冲推覆构造,主要表现为对先期构造的改造,使阳山金矿区南部面理产状发生倒转,形成膝折构造,构造 岩为糜棱岩、初糜棱岩,形成于早白垩世晚期。第四期构造为表层次脆性的由南向北的伸展构造,形成构造角砾岩、 碎裂岩等脆性构造岩,同时有石荚脉和方解石脉顺断层侵入,本期构造形成于古近纪。

关键词:阳山;控矿构造;逆冲推覆构造;伸展构造

中图分类号: P618.51; P613 **文献标识码:** A

文章编号:1672-4135(2014)04-0256-08

阳山金矿属甘肃省文县管辖,地处陕、甘、川三 省交界处,2007年被武警黄金部队发现,累计探获黄 金资源量308吨,属超大型金矿床。由于阳山金矿的 发现,使很多学者的目光聚焦于此地,对阳山区域构 造、控矿构造的研究也比较多,但各家意见很不统 一。一部分学者认为,阳山金矿区位于秦岭勉略缝 合带上;该缝合带在文县一带由一系列弧形断裂构 成,而阳山金矿带正位于弧形断裂转换调节地带的 安昌河 - 观音坝断裂带上[1~5];另外一部分学者则认 为,阳山金矿区处于秦岭东西向构造带南缘、松潘-甘孜褶皱系东侧与龙门山北东向构造带相交汇部位 的文县弧形构造内[6~10]。随着阳山金矿区控矿构造的 研究逐渐深入,阳山金矿的控矿构造逐渐明晰起来, 但仍存在分岐,主要表现为断裂控矿和褶皱控矿两 派。持断裂控矿观点的学者认为,阳山金矿床主要受 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[3.11,12];持 褶皱控矿观点的学者则认为,阳山金矿受控于复背 斜,表现为复背斜两翼成矿,矿体在靠近复背斜核部

收稿日期: 2014-06-20

虚脱部位趋于变厚,到翼部变薄、尖灭[6-10,13-15]。

本次研究工作,以构造解析理论为基础,通过大 比例尺填图、剖面测制、钻孔编写、平垌的观察发现, 阳山金矿区地处勉略缝合带上,构造样式主要表现 为断裂构造,褶皱构造均属从属构造;根据断裂构造 之间的交切关系,确定区内断裂构造可划分为四期: 第一期为由北向南的逆冲推覆构造,第二期为由南 向北的伸展构造,第三期为向南向北的逆冲推覆构 造,第四期为由南向北的伸展构造。

1断裂构造

根据野外观察,认为区内宏观构造可分为四期: 第一期变形最强,表现为自北向南的逆冲,形成透入 性面理 S_n;第二期变形相对较弱,表现为自南向北的 伸展,主要表现为对构造置换面和断裂的改造和再 利用;第三期为自南向北的逆冲,主要表现为对矿 区南部面理的改造,使 S_n面理发生弯折,造成部分 地段面理倾向倒转,并在局部地段形成非透入性面 理 S_{n+1};第四期为自北向南的伸展,主要表现为脆性

基金项目:中国人民武装警察部队黄金指挥部综合综合研究项目:甘肃阳山金矿带深部构造控矿规律研究项目(1212011220663-4) 作者简介:王行军(1970-),男,高级工程师,博士,2012年毕业于中国地质大学(北京)构造地质学专业,主要从事区域地质矿 产调查研究工作,主要研究方向构造地质学,Email:wxj1861@163.com。通讯作者:王根厚(1963-),男,教授,博士 生导师,毕业于中国地质大学(北京)构造地质学专业,主要从事构造地质学的教学、科研工作,主要研究方向构造地 质学,Email:wgh@cugb.edu.cn。 变形。前两期变形构造层次相对较深,应为中深层 次的变形;第三、四期变形构造层次较浅,第三期变 形为浅层次变形,第四期变形为表层次变形。

1.1 推覆构造

矿区内所能观察到的推覆构造,主要为第三期 构造的表现,其中陶家坝断裂表现最为明显。陶家 坝断裂发育三期断裂(图1a)。照片的北侧为"片理 化千枚岩"(构造片岩),中间为糜棱岩、糜棱岩化灰 岩,南侧为中厚层灰岩,上部为薄层灰岩(图1a)。随 着远离上部断裂面(第三期断裂),"片理化千枚岩"之 中透入性面理的产状由向南倾斜逐渐变为向北倾 斜,构成"背形"的假像;薄层灰岩类似于"不整合于" 于中厚层灰岩、"片理化千枚岩"之上(图 la)。第三 期断裂面之上的薄层灰岩发育尖棱剪切褶皱,依据 褶皱轴向的倒向以及褶皱轴面与断裂的交角判断, 其为由南向北逆冲推覆构造,断裂面波状起伏(图 1a、图 1b、图 1c),断裂面之下的中厚层灰岩发育斜 歪褶皱,为断裂构造改造的产物(图1d)。后期的推 覆构造使得千枚岩的面理S_n发生变位,本来倾向北 的面理受后期推覆运动影响倒向南,形成了"背形" 的假像;第二期断裂的断裂面也被改造,表现为上部 断裂面向南倾,下部向北倾,呈一个倒立的"勺形", 且被第三期断裂切断(图1a)。构造岩为糜棱岩、初 糜棱岩。

1.2 伸展构造

研究区内的伸展构造有两期,第一期表现为韧 性变形,第二期表现为脆性变形。早期伸展构造呈 280°延伸,倾向10°,倾角70°~80°,构造岩主要有初 糜棱岩、糜棱岩、糜棱岩化灰岩,发育褐铁矿化、硅化 (图1e);其中以陶家坝断裂—勉略缝合带南缘断裂 表现最为明显,其切割了透入性面理S_n,并且被第二 期的逆冲推覆构造改造,断裂面由下向上由北倾变 为南倾,而下盘的中厚层灰岩的拖褶显示其下盘上 升,表现出伸展构造的特征(图1f)。

第二期伸展构造为脆性变形,断层走向270°~300°,倾向0°~30°,倾角60°~80°,构造岩为构造角 砾岩、碎裂岩、碎粒岩,发育褐铁矿化、硅化、碳酸盐化 (图1g)。

2 褶皱构造

研究区的褶皱主要是从属构造样式,为剪切褶 皱和膝折两种。

2.1 剪切褶皱

研究区普遍发育片内紧闭褶皱(图2a)、片内无 根褶皱(图2b),两翼减薄至透镜状、石香肠状,轴面 与面理平行或以小角度相交,枢纽近东西向,优选倾 伏向110°。说明本区曾经历南北向的挤压作用,形 成了岩层南北向上的强烈收缩变形。

研究区发育剪切褶皱,据其轴面与新生糜棱面理的交角,判断区内至少存在两期韧性变形,早期为由向北向南的逆冲(图 2c),晚期为由南向北的伸展(图 2d)。其可能分别代表了区内的第一期、第二期变形。 2.2 膝折

膝折构造主要发育于研究区的南部(即金昌沟 断裂以南),发生褶皱作用的面为S_n面,枢纽近东西 向(图2e、图2f)。图2e中可见到面内石香肠状石英 脉与S₂面一起发生褶皱作用,说明在构造置换作用 之后该地区又经受了一次近南北向的挤压剪切作 用,即区内的第三期变形构造。

3 深部构造

3.1 褶皱

3.1.1 紧闭-等斜褶皱

在安坝地区钻孔岩芯中,几乎所有钻孔均可见 钙质及硅质强硬层呈紧闭 – 等斜褶皱的现象,夹于 泥质软弱层中;表现为紧闭褶皱、无根褶皱,普遍发 育于"片理化薄层灰岩"、"片理化千枚岩"中。

钙质强硬层形成了两翼紧闭的顶厚褶皱,倒转 的翼被拉薄,泥质夹层在转折端处加厚,两翼不等 长,呈"S"型,判定为左型剪切、向上逆冲,其代表第 一期变形(图3a)。

无根褶皱为强烈构造置换后的结果,硅质强硬 层在强烈剪切作用下产物,新生的面理S_n与先存面 理完全平行,显示出左型剪切、向上逆冲的特征,其 代表第二期变形(图3b)。

岩芯中普遍存在的紧闭 - 等斜褶皱,进一步表 明了本地区强烈的构造置换作用;说明岩层经历了 强烈缩短作用,且伴随剪切变形。

3.1.2 肠状褶皱

安坝地区岩芯中常见肠状褶皱,其是由石英脉 或硅质条带变形而成。肠状褶皱是由于强硬层与介 质的能干性差异很大,岩层经受强烈压扁作用,强硬 层翼部旋转超过90°相互压紧而形成。

石英脉体呈肠状褶皱,夹于软弱泥质岩层中(图





图3 深部构造特征

Fig.3 Characteristics of the deep structure

3a.两翼紧闭褶皱(ZK1796,深422 m); 3b.无根褶皱(ZKN0016,深379 m); 3c."千枚岩"中石英脉的肠状褶皱(ZK3324,深139 m); 3d. "千枚岩"中石英脉的肠状褶皱(ZK0624,深475 m); 3e.紧闭褶皱叠加挠曲变形(ZKN0016,深348 m); 3f.黄铁矿压力影(ZKN0016,深416 m); 3g.石英脉的旋转碎斑系(ZKN0016,246 m); 3h.钙质矩形石香肠(ZK00-101,深119 m); 3i.石英脉藕节状石香肠(ZK1786,深411 m); 3j."S-C"组构(ZKN0016,深416 m); 3k.石英脉"多米诺骨牌"构造(ZK1432,深302 m); 3l.张性石英脉体中石英颗粒向中心生长(ZK0616,深379m); 3m."钙质条带千枚岩"中硅质张裂脉(ZK25-101,深347 m); 3n.两期含矿石英脉(ZKN0016,深293 m); 3o.三期石英脉穿插关系(ZKN0016,深318 m)

3c、图 3d)。图 3c之中肠状褶皱一翼倒向明显,轴面与岩层面理小角度相交。

肠状褶皱的普遍发育,也说明了该地区曾经受 强烈缩短作用,岩层构造置换明显。根据肠状褶皱 的压扁方向,判定该期主应力σ₁与水平面夹角约30°。 3.1.3 挠曲

岩芯中挠曲变形非常常见,主要有两种性质:一种与构造置换面内剪切褶皱性质相同,反映的运动 形式为由北向南的推覆;另一种是顺层滑脱形成。 第一种所反映的力学性质前面已经讲述很多,此处 不再赘述,主要展示第二种滑脱所形成的挠曲。

图 3e 照片采集于 ZKN0016 深 348 m 处,该挠曲 变形叠加在紧闭褶皱之上,紧闭褶皱两翼同时发生 挠曲变形,运动形式为右行,判定为顺层滑脱的结 果。该构造样式的应力场同样为近南北向,但不是 挤压,而是伸展,其代表第二期变形。说明构造置换 之后该地区经历过近南北向伸展运动。

3.2 压力影

压力影是指在外力作用下,不均匀岩石中的较 坚硬和较软弱岩质产生差异了变形,在坚硬岩质边 缘相互对应的引张部位,被压溶作用产生的脉岩所 充填的现象。按其所受的外力作用方式,压力影可 分为挤压型和旋转型;不对称的压力影可以确切反 映其所受外力的方向。

图3f为黄铁矿压力影,发育于"千枚岩"中,黄铁矿 拖尾明显,但是不对称性不是很明显,为挤压型压力影。 3.3 旋转碎斑系

在基质韧性剪切流动的影响下,碎斑及其周缘 较弱的动态重结晶的集合体或碎粒就会发生旋转, 形态也随之改变,形成旋转碎斑系,碎斑系的拖尾的 尖端延伸方向指示剪切方向。

图3g中旋转碎斑为石英脉碎斑,拖尾明显,拖尾显示出两期剪切活动;上部旋转碎斑系为"σ"型,表现为左行剪切,代表第一期变形;下部旋转碎斑系为 "δ"型,表现为右行剪切,代表第二期变形。

3.4 石香肠构造

岩性中石香肠构造非常常见,矩形石香肠、藕节 性石香肠和棱形石香肠均能见到。

石香肠构造由夹于"千枚岩"之中的灰岩、石英脉等能干岩性在挤压应力作用下形成。图3h为钙质强硬层形成的矩形石香肠,发育在紧闭褶皱的一翼,夹于"千枚岩"软弱层中。图3i为石英脉强硬层形成

的藕节状石香肠,夹于基质中泥质含量较高,岩芯中 白色部分为钙质条带。

岩芯中普遍发育的石香肠构造,说明岩层曾受 到近垂直岩层面理方向的挤压。

3.5 "S-C"组构

岩芯中也常能见到这种"S-C"组构(图3j),其中"C" 面为糜棱面理,"S"代表构造置换面S_n,"S-C"组构显示 出向上逆冲的特征,代表第一期变形。

3.6 多米诺骨牌构造

多米诺骨牌构造是较强硬的碎斑在递进剪切作 用下,产生破裂并旋转,每个碎片向剪切方向倾斜, 犹如一叠书被推倒,形成类似多米诺骨牌的一种构 造样式,其破裂面与剪切面的锐夹角指示剪切方向。 石英脉在剪切作用下,形成石英脉"多米诺骨牌"构 造,其破裂面与剪切面的锐夹角指示为左型剪切,代 表第一期变形(图3k)。

岩芯之中"多米诺骨牌"构造的剪切面平行于构造置换新生面理S。,说明在构造置换南北向挤压的应力场下,除了推覆运动、岩层强烈缩短作用外,还伴随剪切变形。

3.7 石英脉及其分期

岩芯中可见大量石英脉,除了大量的剪性石英 岩脉以外,还有张性石英岩脉存在。

张性石英脉体中石英颗粒向中心生长,颗粒较 大,晶型较好,围岩绿泥石蚀变明显(图31)。石英脉 体发育在"钙质条带千枚岩"中,部分脉体中可见石 英生长晶芽,说明石英生长空间为张性,该张性空间 是由于岩层受到垂直面理或近垂直面理的压力而成 (图3m)。需要指出的是,图31和图3m中脉体虽都为 张性环境下形成,但是他们代表的受力状态却是不 同的,图3m中代表区域上的近南北向挤压作用,为 第三期变形的产物;图31代表区域上的近南北向伸 展作用,为第二期变形的产物。

研究区金矿的主要载金矿物为黄铁矿和毒砂, 岩芯观察发现黄铁矿呈多阶段富集作用,与石英脉 关系密切。

图 3n 照片采集于钻孔 ZKN0016 深 293 m 处,第 一期石英脉变形强,其中黄铁矿颜色较暗,放大镜下 看不到完整晶型;第二期石英脉顺层产出,其中黄铁 矿颗粒较第一期中黄铁矿颗粒大,颜色较第一期色 黄。图 3o 采集于钻孔 ZKN0016 深 318 m 处,其上可 见三期石英脉穿插;第一期顺层产出,与面理平行; 第二期与面理倾向一致,切层高角度产出;第三期与 面理倾向相反产出,脉体较细,顺张裂缝充填。第二 期顺层的脉体将第一期脉体切割,第一期石英脉表 现出的被错开现象应该不是其本身发生错动,而是 第二期顺层脉的扩张作用造成了这样的现象;第三 期反向产出的脉体明显切断前两期脉体。

4 讨论

本次通过详细的地质调查研究,在该区内识别 出两期逆冲推覆构造、两期伸展构造。

第一期构造变形表现为由北向南的逆冲,这一 期构造形成于中朝板块与扬子板块碰撞过程之中, 主要表现为碰撞构造折返的构造样式,产生韧性变 形.构造置换明显、完全,形成透入性的构造置换面。 伴随这期构造变形,阳山矿区内形成斜长花岗斑岩 岩脉,并且受到该期构造的改造,岩脉呈透镜状产 出,形成了石香肠状构造、无根褶皱;该期的矿物共 生组合为黄铁矿-毒砂-石英,以大量发育含显微-次显微状自然金的环带状毒砂为特征,石英浸染状 产出,部分呈小细脉产出,石英的颜色不纯,呈灰色、 乳白色、白色,矿脉规模较小多呈小透镜状。该期构 造形成于三叠纪末 - 早侏罗世。前人取得了此期构 造活动较多的同位素年龄数据。毛裕年对略阳缝合 带Ar-Ar法年代学的研究,结果表明其高温剪切带活 动期为211.9 Ma^[16]。刘桂阁等对阳山斜长花岗斑岩 进行全岩 K-Ar 同位素年龄测试,结果为171~209 Ma,平均值为189.4 Ma^[14]。杜子图等对西秦岭地区 岩浆岩同位素年龄进行的统计结果表明,180~220 Ma为岩浆同位素峰值之一^[2]。杨荣生等以含矿花岗 斑岩脉的独居石 Y-Th-U-Pb 含量,获得表面年龄为 200~179 Ma,等时线年龄为19±03 Ma^[17]。齐金忠等 对阳山金矿不同类型石英(细)脉中锆石进行了 SHRIMP U - Pb 年龄测定,共获得三组年龄,其中最 老的一组为197.6±1.7 Ma^[18]。齐金忠等对矿区斜长 花岗斑岩脉进行了K-Ar法同位素测年,结果为 171~209 Ma,5件样品平均年龄为189.4±7.2 Ma;对 安坝矿段微细浸染型矿石中的细脉状石英进行了 40Ar-39Ar同位素年龄测定,测试结果表明石英-黄铁 矿细脉中石英的坪年龄为195.31±0.86 Ma,其等时线 年龄为190.7±2.4 Ma(相关系数r=0.9972);对阳山金 矿不同类型石英(细)脉中锆石进行了 SHRIMP U-Pb年龄测定,共获得三组年龄,其中最老的一组年 龄为195.4~200.9 Ma^[19]。前人的研究结果,表明伴随着区内第一期逆冲推覆构造形成了斜长花岗岩斑岩、含矿石英脉,其形成时代为190~200 Ma。

阳山矿区第二期构造变形为伸展构造,主要表 现对第一期构造置换面的改造和再利用,二者呈小 角度交切或平行产出。该期构造主要在钻孔岩芯之 中识别出来,在露头上表现不明显,其表现为顺层张 性石英脉的发育、石英细脉的交切、小褶皱的剪切方 向的不同。该期构造同样表现为岩脉、含矿热液的 侵入,该期的矿物共生组合为黄铁矿-石英,以发育 石英脉为特征,石英脉颗粒较大,颜色较纯,为白色。 前人同位素测年结果表明该构造的存在。毛裕年在 勉略缝合带进行Ar-Ar法年代学分析时,获得了表明 这一期构造热事件年龄为143.5Ma^[16];杜子图等是对 西秦岭地区岩浆岩同位素年龄进行的统计结果表明, 100~160 Ma是岩浆岩同位素峰值之一[2];姚书振等的 研究,表明秦岭控制金矿成矿的断裂、岩浆活动年代主 要为230~131.7 Ma,秦岭大型金矿成矿主要集中于 210~120 Ma^[20]。前人的研究结果表明,区内第二期 构造形成于侏罗纪末 - 白垩纪初,即140~145 Ma,并 且伴随着这次构造运动区域上有大规模的岩浆活动 和金矿形成。

阳山金矿区第三期构造为由南向北的逆冲推覆 构造,在露头上表现明显,在陶家坝、葛条湾等均可 观察到本期构造的形迹,主要表现陶家坝地区上覆 灰岩与下覆"片理化千枚岩"之间的断层接触关系, 整体上表现为由南向北逆冲的形式,断层之上的薄 层灰岩相对下盘的中厚层灰岩向北运动,断层面附 近上盘薄层灰岩发育尖棱状的小褶皱,"片理化千枚 岩"发育膝折构造;同时亦表现为对阳山金矿区南部 的早期构造置换面的改造,致使矿区南部早期透入 性面理发生了倒转,倾向变为向南,造就了矿区北部 面理基本向北倾、南部面理基本向南倾的局面;该期 构造在钻孔之中亦反映明显,主要表现为石英细脉高 角度反向切断早期的石英细脉;在钻孔联井剖面中则 表现为水平褶皱(构造置换面褶曲形成)的样式:该构 造期同样有成矿热液的侵入,矿物共生组合为黄铁 矿-黄铜矿-毒砂-石英,矿化发育于石英脉中,脉 体完整,受后期构造破坏不明显。该构造同样在矿区 及区域均有构造岩浆活动的反映,毛裕年在勉略缝合 带进行Ar-Ar法年代学分析时,获得了表明这一期构 造热事件年龄为122.3 Ma^[16];齐金忠获得石英(细)脉

SHRIMP U-Pb 同位素年龄 126.9±3.2 Ma^[18];齐金忠阳山金矿区微细浸染型矿体内细石英脉进行了 SHRIMP U-Pb 同位素测年,第二组年龄结果为 121.4~137 Ma,平均126.9±3.2 Ma^[19]。前人对岩脉的 同位素测年研究工作表明,区内在120~130 Ma时间 段发育岩浆热液活动,同时伴随有第三期断裂构造 的形成。

阳山金矿区内第四期构造为表层次的伸展构 造,主要表现为脆性断裂活动,对先期构造的改造破 坏,同时形成石英细脉和方解石细脉,该期的主要矿 化为黄铁矿化、辉锑矿化,矿化物共生组合为黄铁 矿-辉锑矿-石英-方解石,同样该期矿化发育于 石英脉中,矿体完整。前人的研究亦明确说明该期 构造的存在。毛裕年在玛曲 - 略阳断裂北盘的拉尔 玛获得的中酸性脉岩的年龄为58.2~40.8 Ma,该断 裂在喜马拉雅期还有活动16。齐金忠等在对阳山金矿 内石英(细)脉研究时,获得石英(细)脉SHRIMPU-Pb同位素年龄51.2±1.3 Ma^[18]。齐金忠对阳山金矿区 微细浸染型矿体内细石英脉进行了 SHRIMP U-Pb同 位素测年,第三组年龄结果为48.1~55.3 Ma,平均 51.2±1.3 Ma^[19]。前人的同位素测年结果主要集中50 Ma左右,这说明阳山金矿在古近纪仍有成矿热液活 动,同时形成了第四期断裂构造;矿区的勘查表明第 四期构造对阳山金矿的进一步富集具有促进作用。

5 结论

阳山金矿区地处勉阳 - 略阳板块缝合带之上, 是一个以逆冲推覆构造为主一个复杂的构造体系, 水平方向的缩短明显。本次研究工作,在阳山金矿 区内共识别出四期构造。

(1) 第一期构造变形表现为由北向南的逆冲,形 成于中朝板块与扬子板块碰撞构造折返时期。该期 构造表现为韧性变形,构造置换明显、完全,形成透 入性的构造置换面,其形成时代为190~200 Ma。

(2)第二期构造变形为由南向北的伸展构造,表现为韧性变形,主要表现对第一期构造置换面的改造和再利用,二者呈小角度交切或平行产出,该期构造形成时代为140~145 Ma,并且伴随着这次构造运动区域有大规模的岩浆活动和金矿形成。

(3) 第三期构造为由南向的北逆冲推覆构造,表现为脆韧性变形,在露头上表现明显,该期构造主要表现为对先期构造的改造,使阳山金矿区南部面理产

状发生倒转(面理倾向由北变为南),该期构造形成于 120~130 Ma。

(4) 第四期构造为表层次的由南向北的伸展构造,主要表现为脆性断裂活动,主要表现对先期构造的改造破坏,本期构造形成于50 Ma。

(5) 第一期构造即构造置换期将阳山金矿区的 矿体透镜体,使单个矿体变小,矿体连接性变差;第 三期构造使阳山金矿区南部矿体的总体产状倒转, 造成了阳山金矿区以金昌沟为界北侧矿体向北倾、 南侧矿体南倾,形成了复式背斜的假象。

(6) 第三期构造对矿体的影响随着向地下延深 会变弱,阳山金矿区南部的矿体产状亦会变为北倾。

致 谢:本文是"甘肃阳山金矿带深部构造控矿规律 研究"项目的集体成果,中国地质大学(北京)2007级 研究生—刘军平、白春东、张红亮、鲁庆伟、孙丹青, 2008级研究生—赵中宝、张建强,2009级研究生— 何海军、张文婷、马福政参加了野外工作。在野外 地质调查工作过程之中得到了武警黄金部队第十 二支队各级领导的大力支持,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 葛良胜, 武玉海. 板块构造环境对金矿成矿的控制作用 [J]. 黄金地质, 1996, 2(3): 6-13.
- [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, 145.
- [3] 郭俊华,毛世东,陈衍景,等.甘肃文县阳山金矿田地质特征及 控矿地质因素分析[J].大地构造与成矿学,2009,33(2): 243-252.
- [4] 张国伟,董云鹏,赖绍聪,等.秦岭-大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J].中国科学(D辑), 2003, 33(12): 1121-1135.
- [5] 张国伟,程顺有,郭安林,等.秦岭-大别中央造山系南缘 勉略古缝合带的再认识 – 兼论中国大陆主体的拼合[J]. 地质通报,2004,23(9-10):846-853.
- [6]齐金忠,袁士松,李莉,等.甘肃省文县阳山金矿床地质地 球化学研究[J].矿床地质,2003,22(1):24-28.
- [7]齐金忠,袁士松,李莉,等.甘肃省文县阳山特大型金矿床地 质特征及控矿因素分析[J].地质论评,2003,49(1):85-92.
- [8] 袁士松,李文良,张勇,等. 甘肃省文县阳山超大型金矿床成矿作用及成矿模式[J]. 地质与资源, 2008, 17(2): 93-101.
- [9] 李建忠,刘洪波,张亿其,等.甘肃省文县阳山金矿带控矿构造特征及找矿方向[J].地质学报,2008,28(1):13-17.
- [10] 郭俊华,齐金忠,孙彬,等. 甘肃阳山特大型金矿床地质 特征及成因[J]. 黄金地质, 2002, 8(2): 15-19.
- [11] 卢海峰, 马保起, 刘光勋. 甘肃文县北部北东东向断裂带

新构造活动特征[J]. 地震研究, 2006, 29(2): 143-146.

- [12] 杨贵才,齐金忠. 甘肃省文县阳山金矿床地质特征及成 矿物质来源. 黄金科学技术, 2008, 16(4): 20-24.
- [13] 袁士松, 张继武, 齐金忠. 甘肃阳山金矿构造控矿模式[J]. 黄金地质, 2004, 10(4): 23-27.
- [14] 刘桂阁, 王恩德, 常春郊, 等. 川陕甘地区阳山金矿矿床 成因及成矿背景. 黄金, 2010, 31(5): 10–15.
- [15]余金元,李建忠,李勇.甘肃省文县阳山金矿床成因探讨[J].地质学报,2010,30(2):170-173.
- [16] 毛裕年. 川甘陕"金三角"成矿区微细浸染型金矿的主要成矿特征[J]. 四川地质学报, 1992, 12(S1): 36-42.

- [17] 杨荣生,陈衍景,张复新,等.甘肃阳山金矿独居石 Th-U-P b 化学年龄及其地质和成矿意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(10): 2603-2610.
- [18]齐金忠,李莉,袁士松,等.甘肃省阳山金矿床石英脉中锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究[J]. 矿床地质,2005,24(2): 141-150.
- [19]齐金忠,杨贵才,李莉,等.甘肃省阳山金矿床稳定同位 素地球化学和成矿年代学及矿床成因[J].中国地质, 2006, 33(6): 1346–1353.
- [20] 姚书振, 丁振举, 周宗桂, 等. 秦岭造山带金属成矿系统[J]. 地球科学 中国地质大学学报, 2002, 27(5): 599-604.

Ore-control Structure Analysis and Significance of the Yangshan Gold Deposit, Gansu Province, China

WANG Xing-jun^{1,2}, WANG Zi-tong², WANG Geng-hou¹, MENG Xian-zhen³, CHEN Sheng-nan⁴, TAO Hong⁵, LIU Yang⁶

 (1.School of Geoscience and Resource, China University of Geology, Beijing 100083, China; 2.College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610058, China; 3.Geological Surveying and Mapping Institute of Technology of Anhui Province, Hefei 230022, China; 4.Geological Construction Group of Guangdong Province, Guangzhou, 510080, China; 5.Geophysical Exploration Center of CEA, Zhengzhou, 450002, China; 6.Tianjin Center, China Geological survey, Tianjin, 300170, Tianjin, 300170, China)

Abstract: Located at Mianyang-Lueyang plate suture zone, Yangshan gold deposit experienced the transformation of the complex structural system that the main structural features were the thrust-nappe structures. According to route geological survey and drill core record, we divided the structural period of Yanshan gold deposit based on the research of small structure and identified four structural periods. Faults were the main structure and folds were subordinate structure in Yangshan gold deposit. The first period of structural deformation was ductile deformation and thrusted form north to south. There were obvious and complete transposition structures, and a lot of ductile deformed structures, such as shear folds, rootless folds, S-C fabrics, pressure shadows, rotating mortar systems, domino structures, and boudinage. The first deformed period formed in Late Triassic- Lower Jurassic, which tectonites were mylonites, ultramylonites and tectonic schists as well as massive granite magmatism. The structural deformation of the second period was extensional structure, trending north to south direction, which changed and reuseed the first period foliation structures. The structures of two period were small-angle cross-cutting or parallel output. The structures of the second period showed ductile deformation that formed shear folds, fotating mortar systems, which tectonites was mylonites. Bedding tensional quartz veins developed as well as massive granite magmatism. The second period structures formed in Late Jurassic-early Lower Cretaceous. The structures of the third period were brittle-ductile deformation showed thrust-nappe structure inverse rushed form south to north. The structures mainly showed the transformation of the early structures, and specific performed the reverse of the foliation attitude in the southern area of Yanshan gold deposit, (i. e. foliation tendency changed from north to south), formed kink structures. The third deformed period formed in the late period of Lower Cretaceous, which tectonites were mylonites and protomylonites. The structures of the fourth period were surface-level brittle deformation, which was extensional structure trending south to north direction. Structural breccias cataclasites, bedding tensional quartz veins and calcite veins along the period faults formed. The structures of the fourth period formed in the Paleogenecentry.

Key word: Yangshan; ore-control structure; thrust-nappe structure; extensional structure