

湖北银洞沟银金矿床缓倾斜矿体地质特征 与成矿机理研究

李应平,魏兴炎,高峰,余吉庭,张洪武

(湖北银矿,湖北省竹山县 442218)

摘要:湖北银洞沟银金矿床是中国典型的独立银矿山之一,该矿长期开采的工业矿体是产状陡倾的含矿石英脉。近年来矿山向中深部开拓生产过程中,出现了较大规模的缓倾斜含石英脉,已构成工业矿体。本文论述缓倾斜矿体地质特征及成矿机理,论证该矿床是在长期变形作用下叠加改造的结果。缓倾斜矿体是片理(S_1)阶段形成的第一世代产物,陡倾斜矿体是轴面劈理(S_2)形成的第二世代产物。

关键词:缓倾斜银金矿体;地质特征;成矿机理;银洞沟

中图分类号: P618.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2008)01-0006-06

湖北银洞沟大型银金矿床位于秦岭造山带东段,武当巨型推覆体西侧的银洞沟逆冲推覆岩席内^[1,2],属得胜-鲍峡成矿带(图1)。武当群中已发现的金属矿床分为贵金属矿床和多金属矿床两大类,前者包括银金矿、金银矿,已发现大型矿床一处(即银洞沟),中型矿床一处,小型矿床二处;后者包括铜铅锌矿及铜矿。银洞沟大型银金矿由湖北银矿开发,该矿是集采矿、选矿、冶炼、深加工于一体的大型贵金属企业。自20世纪70~80年代原湖北省第五地质大队发现并探明该矿床后,湖北银矿及其他一些科研单位作了大量的研究工作,积累了丰富的资料^[3~8],本文是集前人研究成果,并结合矿山开采中获得的第一手资料撰写而成的。

1 区域构造演化

雷世和^[3]将武当地区的构造演化历史划分为三个时期:第一期(震旦纪以前)为堆垛的武当群及扬子地台统一基底形成阶段;第二期(震旦纪-古生代末)为陆缘裂陷-洋壳消减阶段;第三期(以中生代印支期为主)为陆陆碰撞阶段。

元古宙在该区主要为古、中元古代,在扬子陆核北部边缘,形成武当群的一套火山-沉积岩建造。晋宁运动使古扬子地块产生褶皱和抬升,同时使武当群因重力作用产生向北的滑移剪切,形成

顺层滑脱剪切带及堆垛的武当群变质岩系,并拼贴在扬子古陆块上,形成扬子准地台的统一基底。

震旦纪早期,扬子准地台北缘发生大规模区域性张裂作用,形成耀岭河群沉积-火山岩建造。自晚震旦世至早古生代末,本区处于稳定边缘海沉积环境,形成巨厚的碳酸盐岩和硅质岩系。直到志留纪,该区未发生强烈地壳运动,总体处于拉张移离状态。

加里东-海西期,古秦岭洋壳主要经历早、晚古生代末的两次向华北地台的俯冲-消减,形成加里东褶皱带和海西褶皱带,拼贴在华北准地台上,使扬子准地台北缘的武当地区长期处于向北的伸展环境,发生广泛的顺层滑脱作用,发育武当群顶、底和不同岩组(段)的五个滑脱构造面(带),武当群形成总体轴向近南北的早期共轴褶皱。

印支期,华北、扬子两地块产生剧烈的陆-陆碰撞,在扬子地块北缘形成印支褶皱带和武当巨型推覆体,武当群遭受强烈褶皱,形成近东西向的晚期叠加褶皱和一系列韧-脆性推覆型剪切带。

燕山期-喜山期,该区进入脆性推覆及推覆体定位阶段,推覆构造呈叠瓦扇状由北向南发展,形成具前展式结构的武当推覆体,塑造了武当地区现代的地质-地貌景观。

收稿日期:2008-01-11

责任编辑:林晓辉

基金项目:湖北银洞沟银矿及外转找矿研究,湖北地矿局矿产资源补偿费及湖北银矿矿山联合资助

作者简介:李应平,男(1978-),湖北应城人,工程师,主要从事银矿探矿工作。

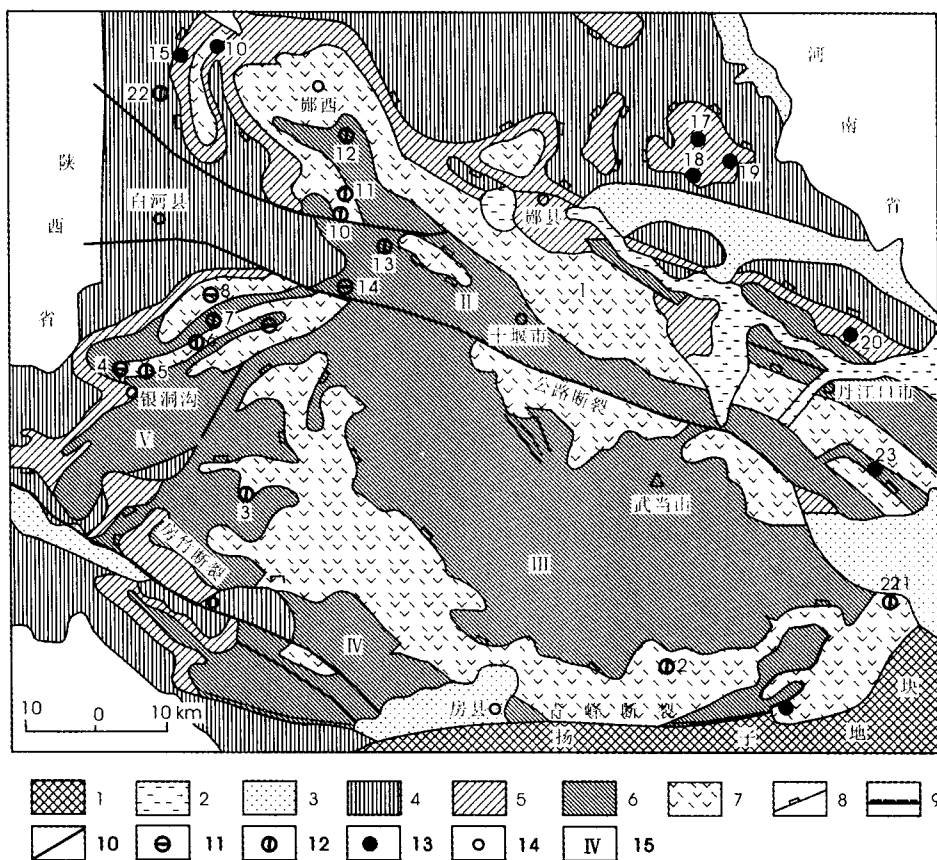


图1 武当地区地质及贵多金属矿床(点)分布略图

Fig. 1 Sketch showing the geology and the distribution of the precious metal and polymetallic deposits in Wudang area

1.基底岩系;2.丹江口水库;3.中-新生界;4.新元古界震旦上统-下古生界;5.新元古界震旦下统耀岭河群;6.中-新元古界武当群变沉积岩系;7.中-新元古界武当群变火山岩;8.韧性滑脱构造面;9.韧性逆冲推覆面;10.一般断层;11.银金矿床(点);12.多金属矿床(点);13.大型银金矿床;14.地名;15.推覆体编号(V为银洞沟推覆岩席)。主要矿床(点)编号如下:岩金矿床(点):(1.蒋家沟;15.郧西六斗;16.郧西白岩沟;17.郧县高庙;18.郧县金包;19.丹江口市马坡;20.丹江口市东沟);银金矿床(点):(4.竹山银洞沟大型矿床;8.郧县许家坡;9.郧县李家湾;14.郧县铺子门);多金属矿床(点):(2.房县长青-阳坡多金属矿带;3.竹山银洞坪;5.竹山石门沟;6.竹山倪家坪;7.竹山青龙庙;13.郧县徐家院;郧县董家湾;11.郧西韩家楼;12.郧县老庄沟;21.谷城观音坪;22.郧西锡洞沟;23.银洞山金矿点)

2 矿区地质特征

秦正永等^[2]在《武当地区构造解析及成矿规律》中,将银洞沟银金矿区域地层划分为元古宙武当群和震旦系耀岭河群。武当群分为变火山岩组和变沉积岩组,变火山岩组又分为下部变基性火山岩段和上部变酸性火山岩段。变酸性火山原岩为碱性流纹岩,流纹质凝灰岩,为矿区赋矿围岩,变质改造为长英质糜棱岩化凝灰岩和长英质糜棱岩。变沉积岩主要为变泥质粉砂岩,变粉砂质泥岩等。耀岭河群围绕区域武当群分布,主要为变

石英角斑质含砾凝灰岩。变质程度为绿片岩相。

矿区岩浆岩主要为辉绿岩和变流纹斑岩,辉绿岩分布在矿区周围,变流纹斑岩分布在矿区主背斜核部。关于矿区侵入岩形成年代,武当地区构造解析及成矿规律研究课题组在这方面作了许多工作。在银洞沟南岩湾采花岗斑岩样以单锆石U-Pb法获同位素年龄为587 Ma,为加里东期的产物,是武当地区前加里东期伸展构造引起地壳变薄和张裂,从而造成岩浆活动的表现。

矿区构造主体为银洞岩背斜及沿轴部发育的

银洞沟逆冲剪切带。银洞岩背斜轴面倾向南,倾角 $55 \sim 85^\circ$ 。银洞沟韧-脆性剪切带走向近东西,倾向南,倾角 75° 左右。在背斜南北两翼沿走向发育两条脆性断层 F_1 、 F_2 。银洞沟大型银金矿床则位于背斜轴部叠加韧-脆性剪切带的变酸性火山岩中,直接赋矿围岩为长英质糜棱岩和钾质糜棱岩。矿体为平行陡倾脉状或薄板状,产状 $175^\circ \angle 75^\circ$,厚度 $0.20 \sim 2$ m 不等,成平行脉状和斜列式产出,构成东西长 2150 m,南北宽 $150 \sim 300$ m 的狭长矿带(图 2)。

3 缓倾斜矿体地质特征

近年来随着矿山开拓及回采向矿床深部的推进,井巷工程不断揭露出产状近水平的缓倾斜含矿石英脉,引起矿山地质工作者的极大关注。通过大量坑道编录和地质素描工作,初步对缓倾斜含矿石英脉有了比较全面的认识。

缓倾斜含矿石英脉(以下简称“缓倾斜脉”)一般由层状、似层状、薄板状、脉状的灰色含矿硅质岩、含矿石英脉以及含银硫化物条带构成。银金等矿物呈云雾状、浸染状分布在粗粒状石英间,形成云雾状、浸染状或细脉浸染状的面状矿化。脉体中有时平行分布有黄褐色铁白云石细脉,部分呈褶

皱状。根据取样分析,缓倾斜石英脉 Ag 品位一般在 $60 \sim 300$ g/t 之间,部分矿脉直接由板状黑色含银硫化物脉构成,银金等矿物十分富集。除少数厚度小于 0.20 m 的外,大部分缓倾斜含矿石英脉构成工业矿体,形成与目前开采的陡倾斜矿体不同的缓倾斜矿体。

脉外围岩已发生强烈的蚀变,主要表现为硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化等,蚀变呈现层状、似层状。缓倾斜脉与蚀变围岩的界线没有矿区陡倾斜含矿石英脉与围岩的界线那么清楚,尤其是缓倾斜面状含矿硅质岩、含银硫化物细脉与围岩成渐变过渡关系。片理与缓倾斜脉小角度相交,局部基本一致。

在产状上,经统计缓倾斜脉产状 $173^\circ \sim 178^\circ \angle 11^\circ \sim 25^\circ$,脉体向西侧伏,侧伏角 7° ,脉体厚度 $0.10 \sim 1.5$ m,单个脉体厚度很稳定,在走向、倾向上基本没有分枝与复合现象。在空间分布上,缓倾斜脉东西延伸长 $150 \sim 250$ m,南北方向上呈舒缓波状分布,延伸 $15 \sim 50$ m。矿脉赋存高度位于 $+910 \sim +1180$ m 之间,垂向上间断出现,脉间距一般为 $3 \sim 5$ m,部分间距达十几米甚至数十米不等。缓倾斜脉与陡倾斜含矿石英脉普遍存在交切关系,两组脉的交角 $45^\circ \sim$

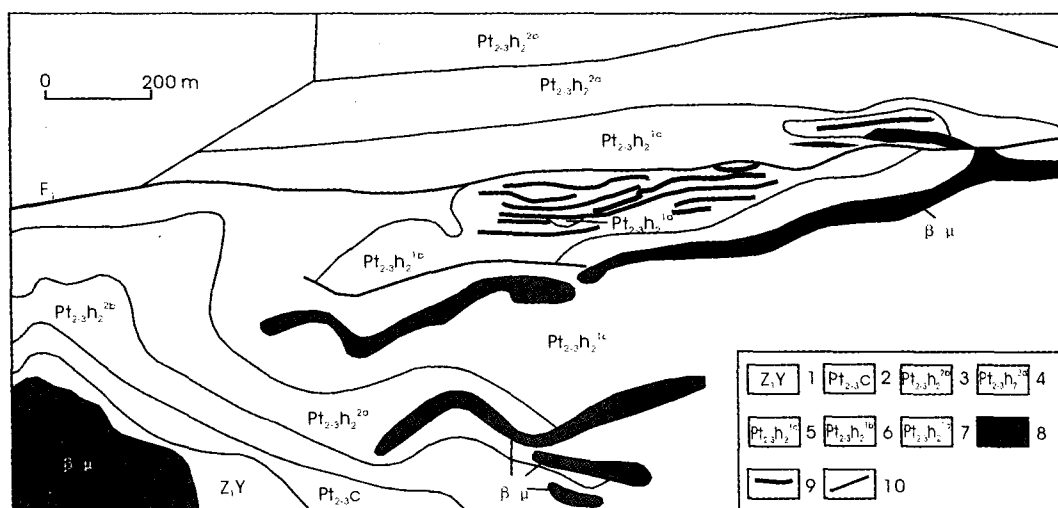


图 2 银洞沟银金矿区地质图

Fig. 2 Geological map of Yindonggou silver and gold ore field

1. 耀岭河组变粗面质火山岩、变含砾粉砂质粘土岩、变含砾凝灰岩; 2. 武当岩群变沉积岩组变含炭泥质粉砂岩、凝灰质粉砂岩等; 3. 武当岩群变火山岩组变石英角斑质凝灰岩、晶屑凝灰岩; 4. 武当岩群变火山岩组变石英角斑质含砾凝灰岩; 5. 武当岩群变火山岩组变泥质粉砂岩、凝灰质粉砂岩夹白云岩透镜体; 6. 武当岩群变火山岩组变石英砂岩夹石英角斑质火山岩; 7. 武当岩群变火山岩组变钾质石英角斑岩; 8. 变辉绿岩; 9. 银金矿体; 10. 断层

85° 之间。由于这种交切关系,缓倾斜脉和陡倾斜脉在空间上呈网格状分布。从两组脉相交切处可以观察到:1) 缓倾斜脉中的灰黑色硫化物条带被陡倾斜脉切断;2) 陡倾斜脉中的硫化物条带大多保持连续;3) 部分缓倾斜脉被穿切后形成明显错动,但位移不超过 10 cm。因此二者的交切关系为缓倾斜脉被陡倾斜含矿石英脉所切穿。但在部分交切部位,两类石英脉几乎融合在一起,交切关系不十分明显。

形态缓倾斜脉大致可以分为两类,一类为褶皱状缓倾斜脉,另一类是板状缓倾斜脉。褶皱状缓倾斜脉:该类型矿脉呈一系列小型不对称褶皱状(图 3),形态较为复杂。褶皱状缓倾斜脉发育的地方,一般劈理构造发育,劈理顺褶皱细颈化部位切过缓倾斜脉,在局部陡倾的翼部和片理近平行。细颈化部位也常有白色块状石英团块分布。板状缓倾斜脉:含矿石英脉的形态呈较平直的板状(图 4),矿脉中心部位的后期铁白云石脉,呈“Z”字形或“S”形褶皱状分布其中。板状缓倾斜脉发育的地方,劈理构造发育较弱,劈理很少切过缓倾斜脉。在南北向的横切剖面上,板状缓倾斜脉在银洞沟背斜靠近两翼的地方出露得多一些,而褶皱状缓倾斜脉在背斜的轴部出露得多一些。但有时一条缓倾斜脉在南北延伸中,在不同的部位呈现不同的形态,一段呈褶皱状,而另一段呈现板状,有时甚至交替出现,因此褶皱状缓倾斜脉和板状缓倾斜脉应为同时的产物。

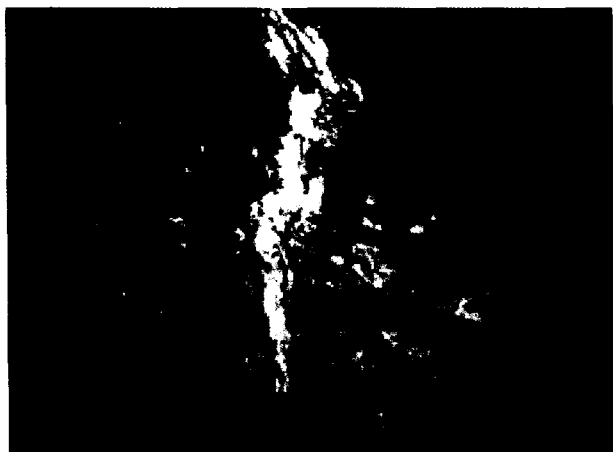


图3 交叉的缓倾斜和陡倾斜含矿石英脉(彩图见封皮)

Fig.3 Cross of the gently and steep dipping ore-containing quartz veins (×100)

4 缓倾斜矿体形成机理探讨

4.1 缓倾斜矿体与陡倾斜矿体的形成次序

从上述缓倾斜含矿石英脉和陡倾斜含矿石英脉的交切关系可以看出,陡倾斜含矿石英脉切过缓倾斜含矿石英脉,缓倾斜含矿石英脉形成时间应比陡倾斜含矿石英脉要早。因此相对主成矿期的陡倾斜矿体来说,缓倾斜矿体应属早期成矿。

4.2 缓倾斜矿体形成机理探讨

根据秦正永等^[1]、陈晋镛等^[2]论证,武当群内存在三类剪切带:第一类是由于伸展构造形成的多重韧性和韧性-脆性滑脱剪切带,属面形或顺层剪切;第二类属逆冲推覆构造形成的韧-脆性推覆剪切带(如银洞沟韧-脆性剪切带),一般为面状共轭剪切;第三类是面状、带状脆性剪切带,主要以脆性推覆断层形式出现。这三种剪切带可以在地表露头上识别。它们在空间上有一定的位置,在变形阶段有一定的序次:第一类主要分布在各地层接触面之间,其变形次序为 S_1 ;第二类分布在几条巨型推覆型断裂(如左吉断裂、两郢断裂),其变形次序为 S_2 ;第三类分布在中生代后期,燕山、喜山期形成的几条脆性断裂(如公路断裂、青峰断裂)。

根据剪切带沿深度、温度、压力的变化,上述各类剪切带在不同深度,性质也有变化,而且在空间上这三类剪切带也互相交切、叠加,这种复杂的变形、变质构造序次使本区的成矿作用及矿体产状复杂多样,银洞沟矿区的整个勘探过程都一直

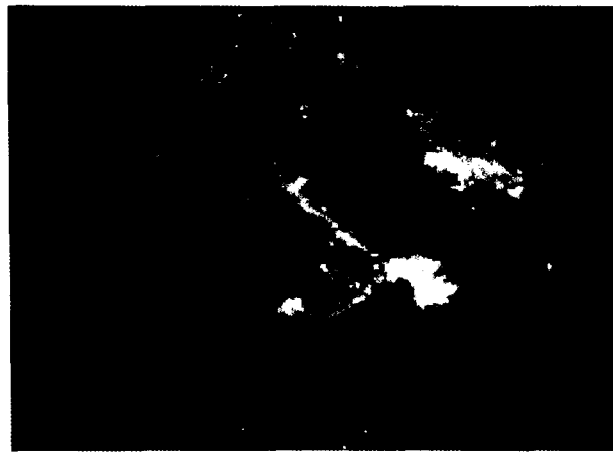


图4 板状缓倾斜含矿石英脉

Fig.4 Platy gently dipping ore-containing quartz veins (×100)

在探索这种规律,并涉及到缓倾斜矿体和陡倾斜矿体的空间分布,矿体富集程度等,这些问题在国内外不少银金多金属矿区也是一个普遍现象(图5)。为研究诸问题,不少地质工作者倾注了毕生的精力。

白瑾认为^[9],在我国造山带中,尤其是活动大陆边缘造山带中平卧褶皱伴随韧性剪切带是典型的区域构造样式。银洞沟地区伸展构造揭示着地壳的缩短,它的构造样式常以褶皱和平卧褶皱轴面的韧性剪切带表现出来。由于剪切带是平行褶皱轴面的,而且显示为平卧或倒转褶皱,其两翼面理 S_1 常与 S_0 层理一致,但由于该区经历过多期的构造变形, S_0 常难恢复辨认,一般情况常以构造包络面确定,但有时也可根据火山沉积物质成分及粒度变化,或者褶皱转折端来辨认出 S_0 。

武当群中发育的 S_1 剪切面理与面型剪切,在一定程度具有走滑性质,为层间滑动。众所周知,片理(或劈理)是造山带一种区域透入性的叶理,是层理 S_0 形成后的第一世代的变形叶理,它以轴面叶理形式存在。第二世代是褶劈理或轴面劈理

(S_2)交切第一世代的叶理或片理,即是说,以片理(S_1)为轴面的第一世代褶皱形成后,在以褶劈理做运动面而发生的褶皱是第二世代褶皱的典型。

笔者认为,武当隆-滑构造^[10]在区域伸展构造期,顺层韧性剪切作用形成剪切面理(S_1),含矿变质流体沿剪切面理 S_1 交代,形成云雾状、浸染状面型矿化,构成原始矿源层,局部(如银洞沟矿区)富集形成层状、似层状、板状以及脉状缓倾斜工业矿体,缓倾斜矿体属于第一世代产物。秦正永等认为^[11]同区域的许家坡、李家湾、铺子门等地的Au-Ag、Ag-Au矿等也主要于本期形成。

原始矿源层(S_1)在南北向陆陆碰撞挤压、逆冲推覆作用下褶皱形成银洞沟背斜,原始矿源层褶皱加厚。在进一步递进挤压作用下,沿银洞沟背斜轴面劈理形成银洞沟韧-脆性剪切带,糜棱面理(或轴面劈理)即为 S_2 。在强烈的构造改造作用下,成矿物质沿 S_2 进一步富集成矿,这是银洞沟矿区的主成矿期,形成产状陡倾,空间上密集排列的脉状矿体,即目前开采的陡倾斜矿体。陡倾斜矿体属于第二世代产物。

在脆性推覆阶段,沿背斜轴部发育的银洞沟韧性剪切带上又叠加北西-南东向脆性剪切作用,早期的缓倾斜矿体和主成矿期的陡倾斜矿体在进一步构造改造,形成“膝折”^[7](S_3),矿脉改造成“石香肠”或褶皱状“石香肠”,产状遭到破坏,但成矿物质最终富集定位。

4.3 褶皱状缓倾斜脉与板状缓倾斜脉的成因

造成同一条缓倾斜含矿石英脉在不同的部位呈现两种不同形态的原因有两种。

(1)由银洞沟韧-脆性剪切带内剪切面理 S_2 (或 S_3)发育不均所致。韧-脆性剪切带作为一个线形变形带,从区域组构角度看,剪切带内部的变形并不是均匀的。傅昭仁等认为^[11],在一个剪切带内又分为相对强变形带和相对弱变形带,或者相对强变形带和相对弱变形带相间排列组成。相对强变形带内剪切面理发育,缓倾斜含矿石英脉在剪切变形作用下发生旋转、扭曲,从而成为“褶皱状”。而相对弱变形带内剪切面理发育程度较弱,因此对缓倾斜含矿石英脉改造较小或没有改造,因此形态较为平直,呈板状。

(2)由在递进变形作用下,缓倾斜含矿石英脉所处的构造位置不同所成。根据马杏垣^[12]在递进

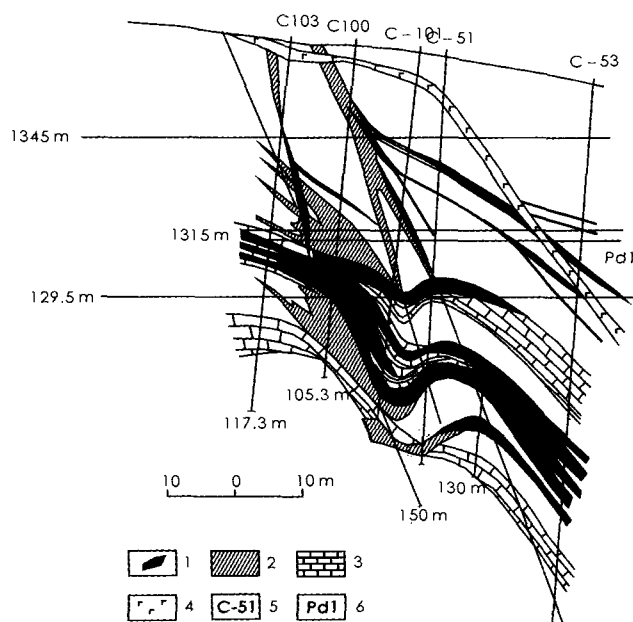


图5 俄罗斯伊尔库茨克叶尔梁茹金银多金属矿缓倾斜与陡倾斜矿体的交错关系

Fig.5 Intersecting relationship between the gently and steeply dipping Au-Ag multi-metal ore bodies in Yilgozu region, Erskus Province, Russia

(据华北地质勘探局地质研究所)

1. 矿体; 2. 蚀变带; 3. 灰岩; 4. 岩脉; 5. 钻孔编号; 6. 平卧

收缩变形场研究,在褶皱的不同部位、不同产状的岩层,在递进收缩变形场中,产生不同的构造效应和置换情况(图6)。缓倾斜含矿石英脉是相对于周围赋矿围岩能干性较强的“岩层”,在递进挤压变形场中,其变形相对迟缓(矿体越厚越变形缓慢,细脉矿体变性较强烈)。在背斜的转折端部位,缓倾斜脉 S_1 与最小变形轴的交角 $< 20^\circ$,处于顺层挤压状态,从而在递进变形中由开始胀缩进而发育为对称或不对称的M形褶皱,形成第一类褶皱形缓倾斜脉;而在褶皱的翼部或向转折端过渡区段,缓倾斜脉与最小变形轴的交角 $> 20^\circ$,处于顺层拉伸的状态,大部分因变形较小形成第二类板状缓倾斜脉。随着缩短量增加,逐渐减薄、拉断,有的形成香肠构造和透镜体。

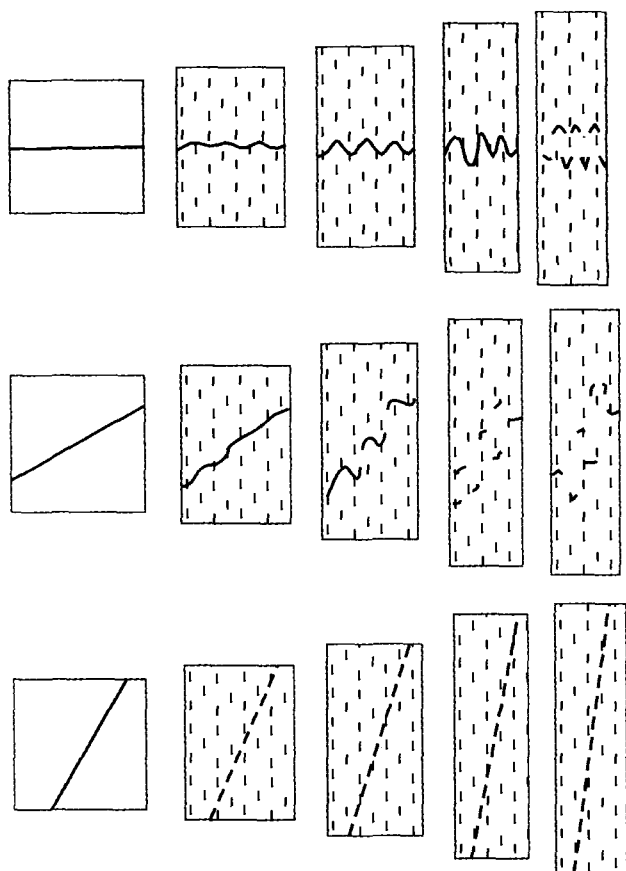


图6 递进压缩变形图(据马杏垣,1981^[12])

Fig.6 Deformation map of progressive compression
(after Ma xinyuan,1981)

5 结语

武当地区在漫长的地质演化过程中,经历了多期次的、复杂的构造演化。正是这种复杂的演化过程,造就了该区丰富的矿产资源。银洞沟银金矿区近来揭露的缓倾斜矿体是矿区成矿第一世代的产物,陡倾斜矿体是第二世代的产物。正是在长期的、多期次的构造变形与成矿作用的叠加改造作用下,才使银洞沟银金矿最终富集定位。

正确认识银洞沟矿区缓倾斜矿体这一重要矿体类型,查明其地质特征,并从成因机理上加以系统研究,对从总体上认识矿床成矿和赋存规律,指导矿山地质工作具有重要的现实意义。

致谢:成文过程中,天津地质矿产研究所的秦正永研究员给予了热情指导,湖北银矿矿领导华福奎、邓新民给予了大力支持,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 秦正永,刘兴义,雷世和等.武当地区构造解析及成矿规律[M].北京:地质出版社,1997,1-67.
- [2] 陈晋镛,秦正永,王寿琼等.武当群地质特征[M].天津:天津科技翻译出版公司,1991,1-40.
- [3] 雷世和.武当群的构造特征及演化[J].湖北地质,1995,9(1):16-21.
- [4] 雷世和,唐桂英,张子才.鄂西北竹山银洞沟矿床构造控矿特征[J].现代地质,1998,12(3):370-374.
- [5] 魏炎兴,秦正永.湖北银洞沟银金矿构造特征及控矿作用[J].前寒武纪研究进展,1999,22(1):22-30.
- [6] 李应平.湖北银洞沟银金矿床控矿构造分析[J].华南地质与矿产,2001,22(2):52-56.
- [7] 李应平.湖北银洞沟银金矿床“膝折”构造形成机理及应用[J].华南地质与矿产,2001,22(4):292-299.
- [8] 余吉庭.湖北银洞沟银金矿床地质特征及深部预测[J].华南地质与矿产,1998,19(3):35-38.
- [9] 白瑾.造山带构造样式的恢复及其构造环境意义[J].地质调查与研究,2003,26(1):38-44.
- [10] 熊成云等.武当、赵川隆-滑构造的结构组成及控矿作用[J].华南地质与矿产,2003,24(2):25-32.
- [11] 傅昭仁,蔡学林.变质岩区构造地质学[M].北京:地质出版社,1996,28-122.
- [12] 马杏垣,索书田,闻立峰.前寒武系变质岩的构造解析[J].地球科学,1981,(1):67-74.

Sedimentary Facies and Sequence Stratigraphy of Feixianguan Formation of Puguang Gas Field in Sichuan Basin

LIU De-zhi, ZHANG Chun-sheng, REN Li-jian, ZHAO Yi-qing

(College of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou, 434023, China)

Abstract: The sedimentary facies of Feixianguan Formation in Puguang gas field is platform carbonate facies. It could be divided into four subfacies, such as open platform, restricted platform, evaporate platform and platform basin facies. The ooid limestone and the bioclastic limestone in open platform is the mainly oil reservoir. The Feixianguan Formation can be divided into two III sequence. The boundary between the two sequences is accordant connection. The depositional environment of HST is bioherm. Meanwhile the depositional environment of TST is often dolomite tidal flat.

Key words: sedimentary facies; sequence stratigraphy; Feixianguan Formation; Puguang gas field

Geological Characteristics and Ore-forming Mechanism for the Gently Dipping Ore Bodies in Yindonggou Ag-Au Deposits, Hubei Province

LI Ying-ping, WEI Xing-yan, GAO Feng, YU Ji-tin, ZHANG Hong-wu

(Hubei Silver Mine, Hubei Zhoushan, 442218, China)

Abstract: The Yindonggou Silver-Gold Mine in Hubei Province is one of ten Large silver mines in China. The explored industry ore bodies in it are the steeply dipping quartz-vein type ones. After the ore mining for several ten years, gently dipping ore bodies contained in the quartz veins are discovered. Their grades can meet industry standard. In this paper, ore-forming process is discussed. According to multi-periods deformation and metamorphism, the schist (S_1) of gently dipping ore bodies are formed in first generation. Crenulation (S_2) of steep ore bodies is formed in second metamorphic stage. Authors also discuss exploration methods.

Key words: gently dipping silver-gold ore body; geological characteristic; ore-forming mechanism; Yindonggou; Hubei Province