

湖北银洞沟银金矿床“膝折”构造 形成机理及应用^①

李应平¹, 朱德茂²

(1 湖北银矿, 湖北十堰 442218)

(2 南京地质矿产研究所, 江苏南京 210016)

摘要:湖北银矿的开采实践证明,该矿主要矿体呈陡倾脉状,随着开采层次的深入,在矿区1160 m中段和1110 m中段的一些采场回采过程中,发现所采矿脉在纵向剖面上频繁出现“膝折”。开始,由于对其认识不足,给采矿厂工作带来盲目性,并增加了难度。笔者通过对“膝折”规律的研究,分析矿区构造变形史,并探讨其形成机理,对采矿起到一定指导作用。

关键词:“膝折”构造;形成机理;采矿;湖北

中图分类号:P613 **文献标识码:**A

湖北银洞沟大型银金矿床于武当巨型推覆体西侧的银洞沟逆冲推覆岩席中^[1]。该矿床是在武当地区典型的逆冲推覆型剪切带改造早期顺层滑脱型剪切带形成的变质中低温热液矿床。

1 矿区地质特征

区域地层为元古宙武当群和震旦系耀岭河群。武当群历来存在争议,据秦正永建立的武当巨型推覆体构造—岩石地层系统^[2],将武当群二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。这些地层界面不是传统上的“整合、假整合、不整合”等的沉积界面,而是以剪切滑脱为主的构造界面。

变酸性火山岩原岩为碱性流纹岩,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,分布在矿区周围和矿区主背斜核部。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做了较多的工作。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

① 收稿日期:2001-08-14

第一作者简介:李应平,(1973-),男,工程师,1992年毕业于湖北地质学校,后进入中国地质大学(武汉)进修,现在湖北银矿从事矿山地质工作。

物,是武当地区前加里东期伸展构造引起地壳变薄和张裂,而造成岩浆活动的表现。

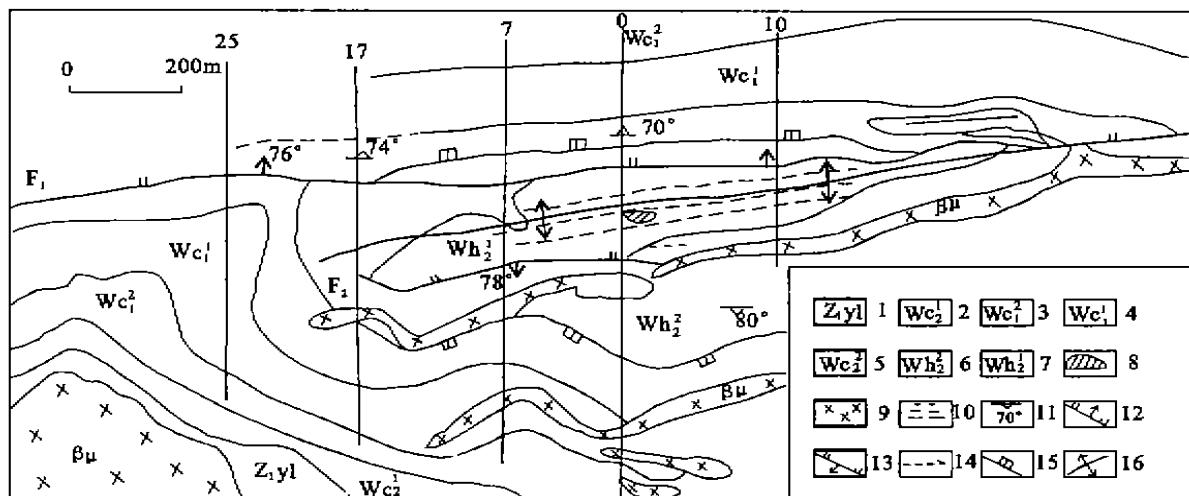


图1 竹山银洞沟银金矿区地质图

Fig.1 The geological map of silver-gold deposit area, Yindonggou, Zhushan

1-下震旦系耀岭河群武当群变沉积岩组、经韧性剪切作用为一套糜棱岩化变粒岩、糜棱岩、原岩为:2-泥质粉砂岩夹含炭泥质岩;3-凝灰质粉砂岩;4-凝灰岩夹泥岩;5-凝灰质粉砂岩夹白云岩。武当群变火山岩组;6-硅化长英质糜棱岩;7-强硅化长英质糜棱岩;8-钾化糜棱岩;9-变辉绿岩脉;10-剪切带;11-片(劈)塑产状;12-正断层;13-逆断层;14-拉伸线理走向;15-韧性滑脱构造面 DF2;16-银洞岩背斜。

矿区构造主体为银洞岩背斜及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 $55^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。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,优选产状 $175^{\circ} \angle 75^{\circ}$,构成东西长 2 150 m,南北宽 150 ~ 300 m 的狭长矿带(图 1)。

有关剪切带对本矿床控矿规律已有专文论述^[3],本文旨在讨论“膝折”对矿床的改造规律及形成机理,以指导矿山开采。

2 “膝折”的分布规律

“膝折”是在递进剪切变形场中强弱岩层互层情况下,强于岩层(含矿石英脉)被动旋转而成的膝状次生小褶皱,有人称为“揉皱”或“侧列”,因其形如“膝”状,呈转折端厚两翼薄性质(图 2)。

“膝折”多分布于银洞岩背斜中深核部和倾伏端,主要集中分布于矿区(15)勘探线以西地段,矿区 1 110 m 和 1 160 m 中段部分采场的矿脉中发育,其枢纽产状: $23.6^{\circ} \angle 27.5^{\circ}$,轴面产状: $146^{\circ} \angle 65^{\circ}$,轴向延伸几十厘米到几十米不等,反映构造变形的不均一性。但在同一矿脉的某一区段规模又相近,反映了构造的均匀性。“膝折”在垂向分布上稍具等距性,即每上升 5 m 左右出现一次“膝折”,膝折轴面总体自上而下呈斜列状。

“膝折”发育的幅度主要取决于早期矿脉厚度,介质粘度系数以及所处主构造部位^[4]。早期矿脉厚度大,膝折幅度在有利构造部位也越大。这是由于强于性较弱的围岩夹强于性

较强的矿脉在剪切变形作用下,由于强干性矿脉被动褶皱,引起周围弱强干性岩层一起变形和楔入,形成接触应变带。接触应变带是金银矿化较好地段,其宽度为强干岩层(含矿石英脉)褶皱的初始主波长大小所决定,早期矿脉厚度越大,其初始褶皱的主波长相应较大,受其影响的矿脉上下盘的接触应变带也越宽,矿物质越富集。

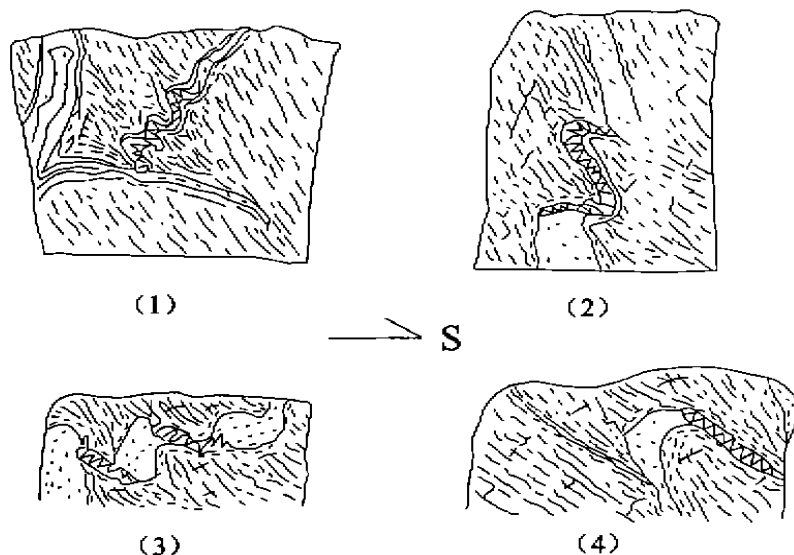


图2 矿脉膝折素描图

Fig.2 The sketch of knee fold

3 “膝折”的形成机理

3.1 “膝折”构造分析

3.1.1 “膝折”剪切指向的确定(宏观标志)

膝折带实质上是一种微韧性剪切带,其变形机制主要为简单剪切或近似于简单剪切。在简单剪切环境的变形效应主要是一种旋转变形,在其连续递进变形过程中,岩石矿物发生有规律的旋转变形,形成特有的不对称岩石组构,为确定剪切指向和运动学特征提供信息。

a、S-C面理 S面表现为受应变椭球主轴控制的连续性面理,而C面理是平行于剪切面或剪切带边界的剪切应变面理。二者夹角随应变增强而变小,S-C面理锐夹角指示了C面理对盘的运动。

b、不对称透镜状构造 含矿石英脉在简单剪切作用下产生变形和转动,在转动较小的情况下,往往形成不对称的透镜体,糜棱岩片理绕不对称块体延展,这种不对称性可作为剪切指向的判据。

c、旋转石香肠构造 在软弱围岩中所夹石英脉,在剪切作用下的递进变形中发生香肠化,自上而下转动呈斜列状(平面上表现为左行侧列)或肠状褶皱,其不对称性可用来判断剪切带两侧相对运动方向。

d、褶皱降向 褶皱降向是指褶皱横剖面内,不对称褶皱上部降低的方向,指示上翼的

剪切旋转方向。

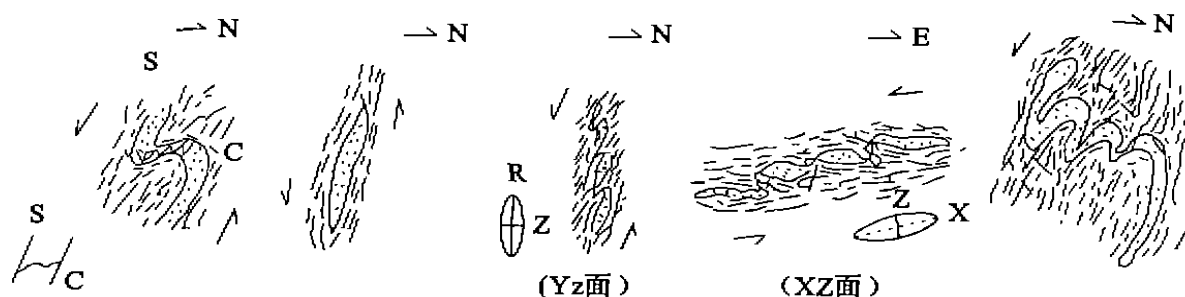


图 3 剪切指向判据图

Fig.3 The map showing direction of shear zone

3.1.2 “膝折”构造期次和演化

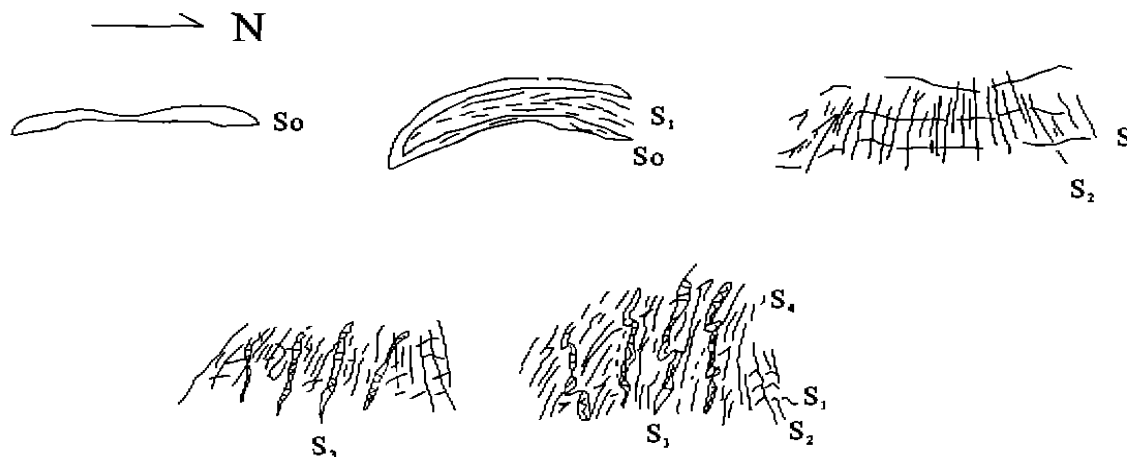


图 4 膝折形成期次图

Fig.4 The sketches showing forming knee fold

矿区早期地层为南北向,第Ⅰ期褶皱形成南北向的平卧褶皱,产生轴面劈理 S_1 ,第Ⅱ期褶皱形成东西向褶皱,并形成轴面劈理 S_2 ,随后在褶皱轴部发育韧—脆性剪切带,剪切面理化作用下形成 S_3 (主矿脉定位构造)(图 4)。印支期区域上表现为扬子地台和华北地台陆陆相撞,晚期继续由北向南推覆挤压,在矿区应力分解,表现为东西向的强烈拉伸和北西—南东方向非共轴剪切作用。在递进变形作用下,变沉积岩组与变火山岩组间的岩性差异面 $DF_2^{[5]}$ 再次活动,在矿区褶皱体上表现为由北向南、自上而下产生滑覆剪切,并同时带动下部变火山岩组同步剪切。在银洞岩背斜南翼,重力滑覆也开始作用,因此促使矿区早期陡倾矿脉在纵向上产生辗滚状剪切缩短变形—膝折 S_4 ,在横向上进一步拉伸变形形成粘滞状石香肠构造变形主要分布于 15 线以东,而 15 线以西则为剪切侧列状石香肠和揉皱状石香肠构造。

3.2 “膝折”的构造样式及形成发展模式

3.2.1 膝折的构造样式

膝折的局部构造样式有挠曲形、“S”形、“W”台阶形,其组合样式则成舒缓波状,相似褶皱状,阶梯状等。

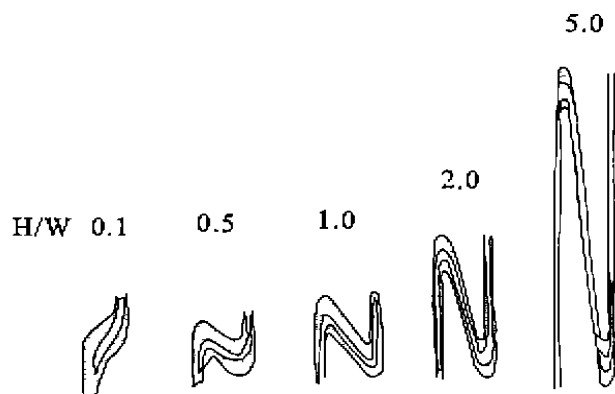


图 5 Hansen 变质固态流变褶皱几何模型

Fig.5 The geometric pattern of metamorphic solid state rheologic fold

据 Hansen 变质固态流变褶皱几何模型图(图 5),矿区膝折为 H/W 从 0.1 到 5.0 各种样式均有出现,反应应力作用从初始剪切到紧密压扁的逐渐演化过程。

3.2.2 膝折的形成发展模式(图 6)

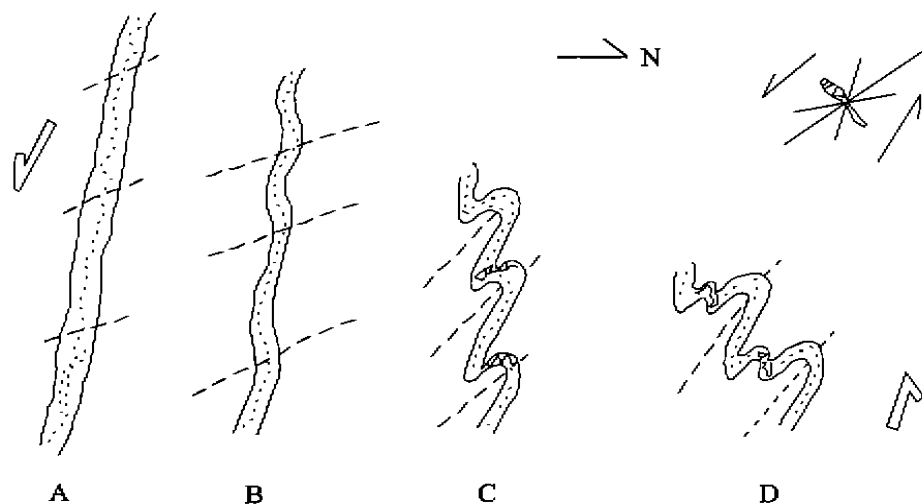


图 6 膝折形发展模式图

Fig.6 The patterns map of forming and developing knee fold

图 6A 表示矿脉原始产状,在自上而下剪切变形场作用下,矿脉中产生斜列式大致等距的次级“剪切带”,对早期矿脉开始在显微尺度的变形改造

图 6B 表示在显微变形累积增量下,早期矿脉在不同部位发生挠曲变形,使矿脉总体呈舒缓波状,小挠曲轴面呈斜列式分布,并向主剪切面旋转。

图 6C 在非均匀递进剪切变形场作用下,挠曲进一步形变成相似褶曲,轴面进一步旋转,剖面呈“S”形或“乡”字形,早期矿脉在剪切作用下产生纵向缩短,并产生南北向的位移,其位移量是膝折褶皱宽度 W 的累加近似值。

图 6D 在矿区主背斜核部近倾伏端,是应力集中区和有利韧性变形物化区,膝折强烈发育,在岩体平均韧性较高和韧性差异很小的情况下,膝折堆叠联合,形成褶叠层矿脉,并使银金高度富集。膝折轴面旋转至与剪切面理近于平行,与压应力垂直,主要片状矿物平行轴面定向排列,同时发育拉伸线理,褶皱边部形成片状矿物薄层,核部发育轴面劈理。

4 膝折的生产意义

4.1 矿体圈定

由于膝折的破坏,在平面上原始矿脉走向近东西向改造位移成北东—南西向,从而纠正了以往东西向圈定矿体的误导而根据膝折的改造规律正确圈定矿体,指导各项工程施工。在矿体剖面连接上,纠正了许多矿体一个产状直线连接的现象,从而对相邻中段矿脉连接按膝折规律定位,合理布置采场,避免了多连漏连的现象(图 7)。

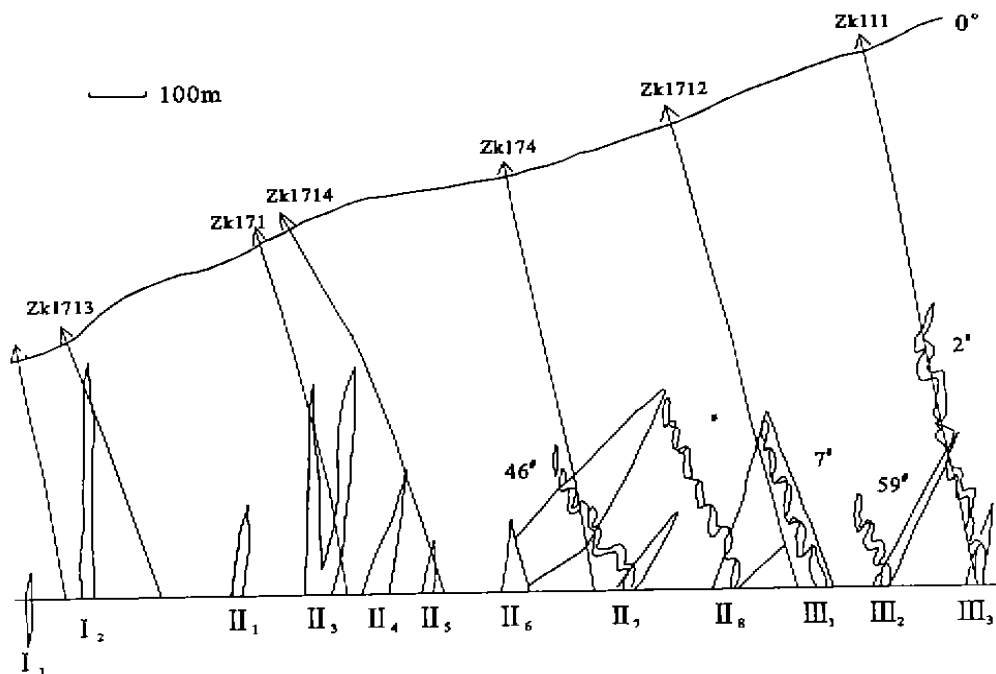


图 7 银洞沟银金矿区 1160 m 中段 17 线矿体设计连接和实采对比图

Fig.7 The correlation map of designing and drawing mine

of 17 line orebody of 1160m level of silver and gold area, Yindonggou

☒ 钻孔及编号 ☒ 设计圈定矿体及编号 ☒ 实际回采矿脉

4.2 采矿指导

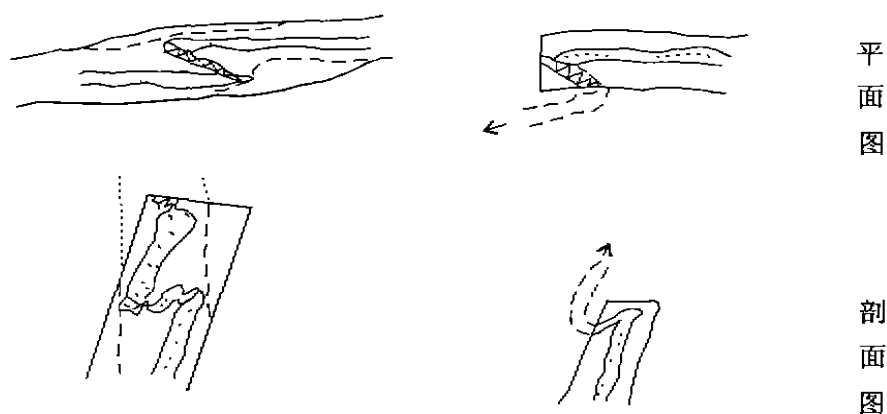


图8 施工示意图(虚线为矿体延伸方向)

Fig.8 The sketch for producing work

该矿为浅孔留矿法采矿,对每一采层在平面上沿走向布眼过程中,对“膝折”破碎带(无矿带或低品位段)曲线过渡布眼爆破,可以减少贫化。在回采过程中,当掏槽后发现顶板无矿脉时,根据膝折的规律,则矿脉极可能侧现在南壁,而不致误采北边小构造分泌脉而丢掉主矿脉。如果膝折只发生一次,证明此矿脉被改造程度浅,对南壁施以局部刷帮形成溜坡则可继续正常以留矿法采矿,并可根据膝折剖面分布的等距性预见下次膝折部位,适当调整采角,避免两次丢矿。如果膝折局部构造样式呈多次膝折,则应用空场法和留矿法相结合的采矿方案,灵活机动,并相应设计安全措施和出矿措施(图8)。

4.3 “膝折”区段矿体富集

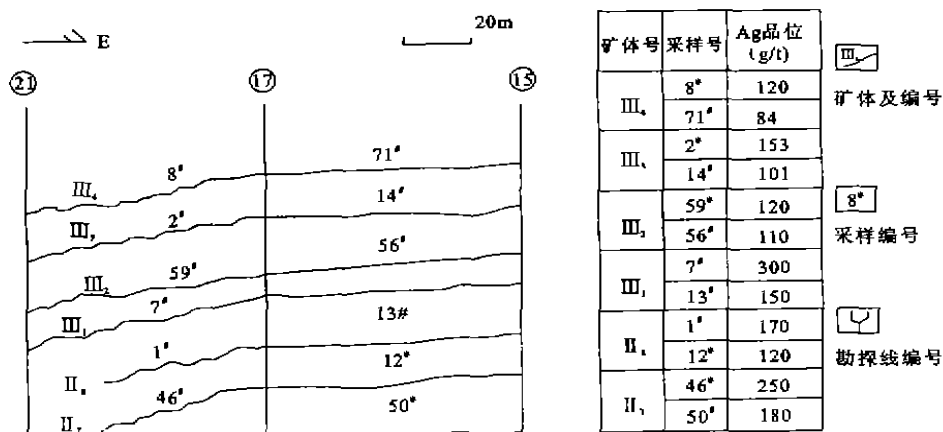


图9 银洞沟矿区1160 m中段17线东西采场品位对比图

Fig.9 The correlation map of grades in 17 line of 1160m level of silver and gold area, Yindonggou

由于膝折的影响,使早期矿脉薄弱带产生变形,形成低压扩张带,有用矿物在剪应力驱使下集中富集,同时又使相邻区域矿体变贫,增大了品位变化系数。因此,膝折发育区域一般为富矿区,基于这一认识,该矿采矿车间对 1 160 m 中段以西原认为是褶皱倾伏端的边角矿体大胆试采,取得可观的经济效益(图-9)。

5 结束语

在银洞沟大型银金矿区,膝折已成为改造矿体的重要构造。自 1992 年回采 1160-17# 采场以来,随着开采工作的不断向纵深发展,对其性质,样式和分布规律有了深刻认识并对采矿有预见性作用,并为矿区深部的 1 060 m 中段矿体开拓打下基础。

在成文过程中,得到天津地质矿产研究所秦正永教授、南京地质矿产研究所周济元教授的悉心指导,同时得到了湖北鑫银有色金属有限责任公司华福奎总经理、采矿厂党支部书记喻成珠、厂长周卫东等的热情支持和辅导,总经理助理魏兴炎同志也给予了大量的关心和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] 陈晋镛,秦正永,王寿琼,等.武当群地质特征[M].天津:天津科技翻译出版社,1991
- [2] 秦正永,等.武当地区构造解析及成矿规律[M].北京:地质出版社,1997
- [3] 魏兴炎,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(1)
- [4] 蔡学林,傅昭仁.变质岩区构造地质学[M].北京:地质出版社,1996
- [5] 雷世和.武当群构造特征及其演化[J].湖北地质,1995(1)

The forming mechanism and its application knee fold for silver and gold deposits in Yindonggou area, Hubei province

LI Ying-ping¹, ZHU De-mao²

(1 Hubei silver mine, Hubei Zushan 442218, China)

(2 Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing, 210016 China)

Abstract

Silver deposit mining showed: major orebody occurs in heavy dip veins. Many knee folds are discovered on the ore veins in the lengthwise sections of 1 160 m and 1 110 m levels.

Based on the studying knee folds and analysis structural deformation process in the ore areas, forming mechanism and its application have been discussed, which will help for mining.

key words: knee fold structure; forming mechanism; ore mining; Hubei