

哈密白干湖金矿区构造变形分析

陈 强, 杨兴科, 姬金生, 张连昌

(长安大学 地球科学与国土资源学院 陕西 西安 710054)

[摘要] 白干湖金矿位于新疆秋格明塔什-黄山韧性剪切带东段南侧的苦水断裂与雅满苏断裂构成的楔形区内,在变形程度上不同于秋格明塔什-黄山韧性剪切带,但又具有一定程度的韧性剪切特征,是脆韧性变形的转换过渡区。其构造型式多样,构造形态繁杂,多期次的构造变形相互叠加,使它成为最有利的地球化学障,成为成矿流体运移相当活跃的场所。对于本区金的活化、迁移、沉淀和富集以及金矿体的最终定位,有着极其重要的控制意义。

[关键词] 脆-韧性变形,变形分析,构造转换,金矿带,新疆

[中图分类号] P542 [文献标识码] A [文章编号] 1007-9955(2001)04-0001-05

[作者简介] 陈强(1973-)男,博士研究生,以构造地质为研究方向。

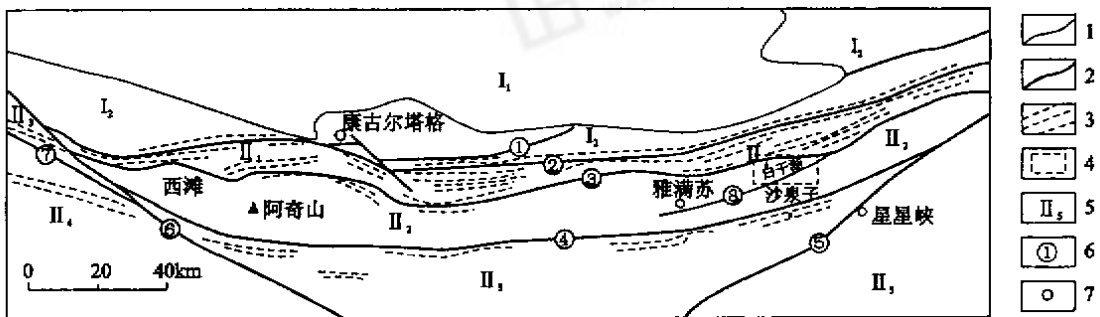
白干湖金矿位于哈密市沙泉子北东方向约30 km处,地理坐标为东经 $94^{\circ}42'18'' \sim 94^{\circ}45'10''$,北纬 $42^{\circ}03'49'' \sim 42^{\circ}05'02''$,是长安大学(原西安工程学院)地球科学系承担国家305项目的课题组于1997~1999年发现并评价研究的。

接合部位,在秋格明塔什-黄山韧性剪切带东段南侧,属阿齐山-雅满苏岛弧系(图1)。秋格明塔什-黄山韧性剪切带的形成演化影响着全区的构造。研究认为塔里木板块与准噶尔板块于早石炭世开始俯冲碰撞,中期发生走滑剪切^[1],之后应力状态基本稳定为南北向的正向挤压,这种挤压一直持续到现在。目前的GPS测量数据证明,塔里木板块整体上对天山褶皱带形成正向挤压,其挤压方向基本上与天山褶皱带走向正交^[2]。这是区域变形最有力的证据。

1 区域构造背景与矿区地质特征

1.1 区域构造背景

工作区位于准噶尔板块南缘与塔里木板块北缘

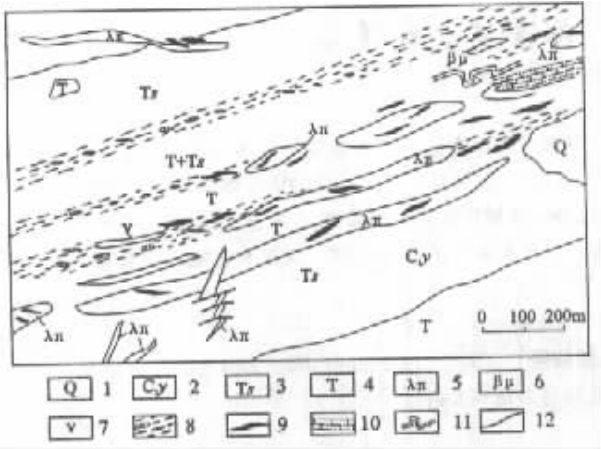


1-吐-哈地块边界线 2-主要断裂;3-强变形带(韧性剪切带)4-矿区范围 5-构造单元代号 6-断裂编号 7-主要地名;
I₁-吐-哈地块;I₂-康古尔塔格-喀尔里克岛弧系;II₁-秋格明塔什-黄山韧性剪切带;II₂-阿奇山-雅满苏岛弧系;
II₃-中天山地块;II₄-南天山晚古生代弧后盆地;II₅-北山裂谷系;主要断裂:①大草滩断裂;②康古尔塔格-黄山深大断裂;
③苦水断裂;④阿奇克库都克-沙泉子断裂;⑤星星峡断裂;⑥托克逊-干沟断裂;⑦中天山南缘断裂;⑧雅满苏-白干湖断裂

图1 东天山地区构造单元划分简图

1.2 地层

矿区出露地层主要是下石炭统雅满苏组(C_{1y}) (图 2),以碎屑岩、火山碎屑岩为主,呈 NEE 向展布,上部为生物碎屑灰岩,中部为凝灰岩、岩屑晶屑凝灰岩,局部见少量英安岩和灰岩,下部为凝灰质砂岩、砂砾岩、砾岩与灰岩互层,底部为凝灰质砂岩、砂砾岩。



1- 第四系冲积物;2- 下石炭统雅满苏组;3- 凝灰质砂岩;4- 凝灰岩;5- 石英斑岩(石英钠长斑岩);6- 辉绿岩;7- 辉长岩;8- 构造混杂岩(强变形带);9- 石英脉;10- 糜棱质灰岩;11- 揉皱带;12- 断层

图 2 白干湖金矿区地质略图

1.3 岩浆岩

矿区出露的侵入岩主要有石英斑岩、石英钠长斑岩、辉绿岩、辉长岩等中小型浅成侵入体。在矿区东(或北东)还有规模较大的花岗闪长岩、花岗岩出露。

石英斑岩分布广泛,根据相互穿插关系,可分为两期,第 1 期呈 NEE 向或 NE 向,多由宽 30~55 m,延伸 220~800 m 的小斑岩体组成,斑岩带长约 3 900 m,走向 70°左右。该期斑岩脉与金矿化关系密切,尤其是中部和北部的斑岩体直接控制着含金石英脉的分布。

第 2 期呈 NNE 向或 NS 向展布,规模小,宽一般为 10~20 m,延长 150~300 m,可见其穿切第 1 期斑岩脉,并被晚期平移断层所错断。该期石英斑岩脉与金矿化关系不大。石英斑岩普遍发生片理化,片理化晚期变形形成反 S 型扭曲。

辉绿岩呈灰绿色扁豆状、透镜状等形态产出于矿区南部,多为小岩体,规模不大,长 70~430 m,宽 8~70 m,面积 560~30 100 m²,与围岩界线不十分清楚,常见绿帘石化、绿泥石化等。

辉长岩分布较少,仅见于矿区南部,灰黑色,呈

脉状产出,长 215~450 m,宽 15~20 m,脉体走向 75°左右,与片理走向一致。

矿区各类侵入岩中,分布最广的为石英斑岩,也是与金矿床关系最密切的一类侵入岩。含金石英脉通常分布在石英斑岩体与凝灰岩、灰岩接触部位。石英斑岩在空间和成因上与金矿化有密切的关系。

2 构造形式及变形分析

2.1 构造形式

矿区位于苦水断裂与雅满苏断裂构成的楔形区内,北接秋格明塔什-黄山韧性剪切带,在变形程度上不同于秋格明塔什-黄山韧性剪切带,但又区别于发生于地表层次的脆性变形,它同时具有一定程度的韧性剪切特征和脆性位移特征,是脆韧性变形的转换过渡区。因此其构造形式多样,构造形态繁杂,对于金的活动、迁移、沉淀和富集以及金矿体的最终定位,有着极其重要的控制意义。

2.1.1 脆-韧性剪切变形带

该带主要表现为呈线状展布的混杂岩带,大致有 4 条,彼此平行,呈 NE 向延伸,宽度几米到几十米不等,分布于石炭系火山岩系—凝灰岩和凝灰砂岩(晶屑岩屑凝灰岩)中,宏观上表现为变形带的强弱相间。混杂岩带变形强烈,带内砾石的挤压剪切和压扁拉长特征明显,X 轴方位 320°/75°,面理产状 315°/65°。基质成分较复杂,以碳酸盐为主,夹有砂、泥质岩和砾石碎屑以及破碎的石英脉、方解石脉等,呈拉长的细条状、线状形态,并表现出多期胶结、混杂的特征(图 3)。

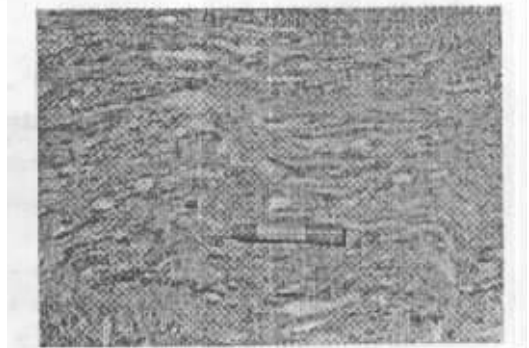


图 3 白干湖金矿区混杂岩

混杂岩带除强烈片理、劈理化外,也常叠加晚期的膝折变形,形成多种构造形式复合的景观。混杂岩带交替出现的过渡区,变形程度减弱,两侧出现糜

棱岩化灰岩、凝灰岩及无变形或弱变形的片理化凝灰岩、石英斑岩、石英钠长斑岩等。

2.1.2 片理、膝折、层间劈理

矿区片理相当发育,倾向北,倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$,主要有两组,一组为 NEE 向,走向 $70^{\circ} \sim 105^{\circ}$,一组为 NE 向,走向 $42^{\circ} \sim 50^{\circ}$,倾向 NW,倾角 $68^{\circ} \sim 79^{\circ}$;矿区片理以 NEE 向为主。在晚期构造应力作用下,片理发生弯曲,形成轴面近于直立的倾竖褶皱,呈紧闭的“S”、“Z”或“ Ω ”型。

膝折是又一类较为典型的构造变形,一般见于各种凝灰岩和灰岩中(图 4),在顺层方向的剪切应力作用下,由岩层急剧扭折而成,有单膝折和共轭膝折两类,以单膝折较常见,膝折带宽 $10 \sim 25 \text{ cm}$,延伸数米,走向有 NNE 向和 NNW 向两组,膝折中常被石英细脉或方解石细脉充填,形成小雁列脉。

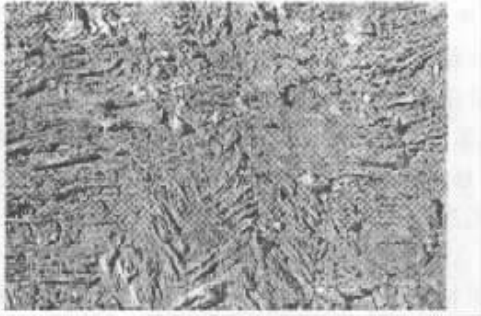


图 4 白干湖金矿区共轭膝折带

在矿区相对脆性的凝灰质砂岩区,可见层间劈理。劈理带宽一般为 $10 \sim 20 \text{ cm}$,其中 S_0 产状 $325^{\circ} \angle 71^{\circ}$, S_1 产状 $310^{\circ} \angle 65^{\circ}$, S_0 、 S_1 在垂向上交替出现,并在色调上呈现出深浅相间的韵律纹层(图 5)。



图 5 凝灰质砂岩中的层间劈理

2.1.3 断裂

矿区脆性断裂主要有 NEE 向、SN 向两组,其中 SN 向断裂一般规模较小,延伸不远,倾向不定,倾角较陡,多数在 75° 以上,NEE 向断裂规模相对较大,延伸 $1 \sim 2 \text{ km}$,倾向 $65^{\circ} \sim 85^{\circ}$,倾向南,可见其切穿早期

侵入的石英斑岩体。

2.2 变形分析

2.2.1 与早期俯冲剪切有关的变形组构

糜棱面理、片理是区域性的变形组构,其宏观特征显著,空间上表现为 NE 向延伸的大型线状构造,地貌上山脊走向也反映了这一特征,构造混杂岩带间布于其间,构成强弱变形相间的格局,通过野外对混杂岩带内变形砾石进行应变测量,得出如下结果: $R(X/Y)=1.667$, $R(Y/Z)=4$, $X:Y:Z=1.667:1:0.25$,富林参数 $K=0.22$,X 轴产状为 $301^{\circ} \angle 74^{\circ}$,表明了本期变形是以挤压压扁为主(图 6)。

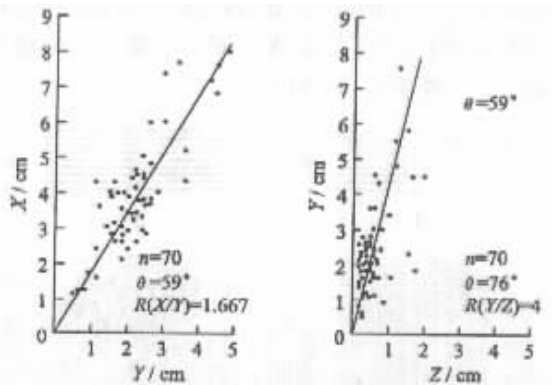


图 6 变形砾石有限应变测量图解

该期变形与区域性挤压剪切有关,形式上主要有两类,一类是紧闭褶皱,主要是岩石在塑性状态下的一种流变变形(图 7);另一类是片理,其形成机制类似于剪切褶皱(图 8),是岩石接近于弹性状态下发生的一种无明显弯曲但有差异滑动的变形,这两类变形都是在有一定约束条件下发生的,但后一类变形受到的约束显然要大一些,而且更接近于平面应变的情况。

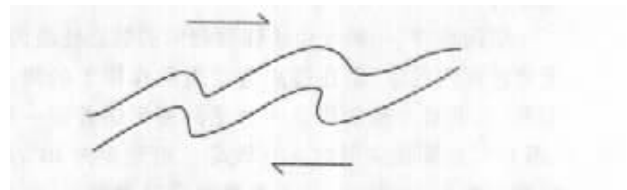


图 7 剪切机制下的塑性流变

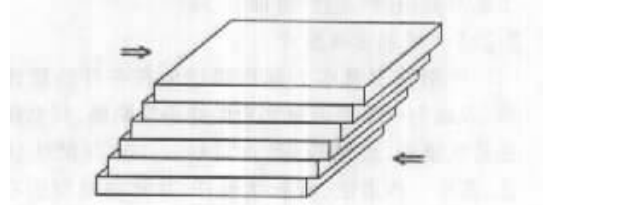
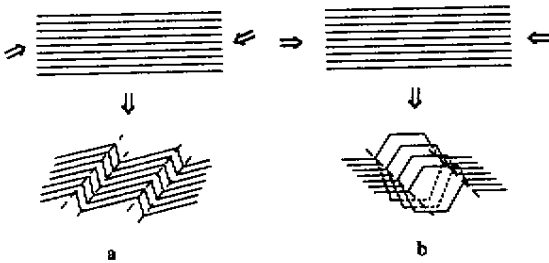


图 8 剪切机制下的差异滑动

2.2.2 与中期走滑有关的变形组构

该期变形在宏观上表现为膝折和挠曲,是岩石接近于脆性状态的一种变形,但局部地段还是保留了变形组构塑性流动的特征,主要发生于岩性较为均一的脆性薄层岩石或面理化岩石中,是在一定围岩限制条件下,受到与层理或面理平行或稍微斜交的压应力作用,使岩层发生层间滑动,但又受到有限空间限制,从而使滑动发生了急剧转折而成^[3]。它们兼具了弯滑和剪切褶皱的特征,弯滑作用主要集中在发生急剧扭折的区域,具有塑性流变的特征。不对称膝折和挠曲多数反映了岩层在受到与层面斜交的应力状态下的变形(图 9a),而对称膝折(包括共轭膝折)则反映了岩层在受到与层面平行的应力状态下的一类变形(图 9b)。



a - 不对称膝折带形成模式 b - 对称膝折带形成模式

图 9 受约束条件下的变形模式

膝折带宽一般为 5~20 cm,据实验研究,膝折带的宽度随围压变化而变化,宽 5 mm 的膝折带只在 2×10^8 Pa 以下的低压条件下发生,随着围压的增大,膝折带的宽度也逐渐变窄^[4]。区内不同类型的膝折带宽度约为实验条件下膝折带宽度的 10 倍左右,简单的换算一下,其围压条件至少要降低一个数量级,这进一步说明了该期变形已非常接近地表压力条件。

层间劈理,一般发生于强弱相间的弱岩性段内,受岩性制约明显,是在强烈剪切力偶作用下的构造变形,其机制与显微构造中常见的多米诺骨牌一致(图 10),是脆性变形的一类形式。劈理走向 40° ,与层理交角为 15° 左右,具有重要的运动学意义,指示了走滑剪切的“左行”特征。

2.2.3 晚期张性裂隙

该期变形基本上是更接近地表条件的脆性变形,表现为一系列近南北走向的小型断层,其总体特征是规模小、延续较短,多见切过 NE 向的线状构造,造成一些层位、岩脉的错开,并常被晚期的石英斑岩脉、石英、方解石细脉充填,清晰地反映出构造

的早晚期次。其变形机制是简单的挤压应变,压应力方位近 SN 向,与张裂隙展布方向一致。

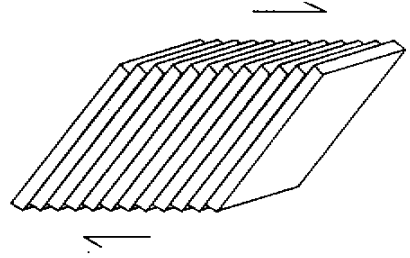


图 10 剪切力偶作用下的脆性变形模式

3 控矿构造模式与动力成矿意义

3.1 控矿构造模式

对本区金矿体研究表明,石英脉尤其是富石英英脉绝大多数受 NE 向构造的控制,不仅在平面上呈波状延伸,而且在剖面上同样具有这样的特征。这一特征正反映了石英脉产出部位是多期构造叠加的部位,与区域构造运动紧密相关。在板块俯冲剪切过程中,区内岩石发生从塑性到脆性过渡转化的变形,由一系列微细裂纹进一步扩张、错开形成相对较大的裂隙,这种构造裂隙同时具有了塑性和脆性两类岩石的变形特征,既有一定的错开和位移,又有流动的波形特征(图 11a)。在走滑剪切阶段,岩石同样具有这种双重变形特征,从而造成构造裂隙在平面上的波状延伸特征(图 11b),两期构造变形相互叠加,在空间上构成了形态复杂的构造型式(图 11c),同时它也是最有利的地球化学障,成为成矿流体运移相当活跃的场所,对成矿元素的沉淀和富集具有极其重要的意义。应用此规律,可在本区进一步寻找金矿体。

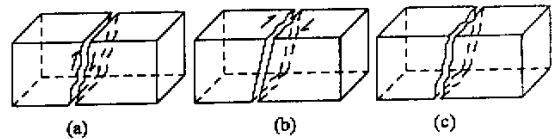


图 11 白干湖金矿区控矿构造模式

3.2 动力成矿意义

事实上成矿作用过程中,构造变形与流体作用往往是同步进行、相辅相成的,成矿流体的活动与控矿构造的形成、演化过程紧密相关,构造-流体时空演化轨迹实质上就是矿质活化、迁移、聚集定位的过程。构造变形作用不仅表现为构造活动对系统的控制,更突出表现为对矿源子系统和成矿产物的改造

(变形、变质)作用及动力热液成矿作用的发生、发展、演化与构造成矿系统的完成。构造动力体制控制了成矿流体的演化,构造与流体相互耦合,控制了动力热液矿床的形成和产出。一方面构造裂隙为流体运移提供通道和空间,构造运动为成矿元素和成矿流体活化、运移与聚集提供能源和动力;另一方面构造运动热流体促使裂隙生成^[5]。

脆-韧性变形转换,既是物理、化学条件的转换,同时也是应力场和能量的转换。其过程是一种周期性波浪式的有序演化过程,多期次的剪切变形正是这种转换的外在表现,它为矿液周期性波浪式多期次反复活化迁移、分异、蚀变、沉淀富集提供了系统的动力学条件^[6]。转换过程中周期性的应力应变转化强烈影响着成矿反应体系的要素,它控制了矿质反应的速率和富集程度,也控制了能量交换的进程,构成了良好的动态缓冲-转换体系,有适宜的构造地球化学障,可自成一种圈闭。CO₂、H₂O、H₂S等在其中高度富集,中温、中低压、弱还原等条件,有利于成矿反应体系的发生发展。当条件变化时,动态平衡被破坏,缓冲体系为趋于新的平衡,必然要发生转换,从而导致金沉淀析出。体系不断被破坏,又不断地趋于新的平衡,这种波浪式的螺旋递进过程促成了金的进一步富集。发生于剪切带活动后期的脆性构造,因地壳抬升,区域张性应力的突然释放,会造成矿化脆韧性剪切带的破裂。这种破裂是突发性的,是一种重要的构造动力学机制,其控矿意义在

于形成扩容空间,使矿液迅速上侵、充填乃至沸腾,这是热液沿构造裂隙输运的主要动力和作用方式,且以快速方式进行。同时体系压力和温度的骤降和沸腾作用,使成矿反应中的H₂S等溶解气相迅速逸出,导致SiO₂溶解度大幅度下降,而快速结晶沉淀,同时硫化物也结晶析出。因此,脆性破裂使矿液处于远离平衡的状态,加速矿质的晶出和分异,有利于动力成矿过程的有序完成^[7,8]。

[参 考 文 献]

- [1] 杨兴科,姬金生,张连昌,等.东天山金矿带区域成矿规律解析[J].矿床地质,1998,17(增刊):131~134.
- [2] 王琪,丁国瑜,乔学军,等.天山现今地壳快速缩短与南北地块的相对运动[J].科学通报,2000,45(14):1543~1547.
- [3] J.G.兰姆塞,等.现代构造地质学方法(第2卷),褶皱和断裂[M].北京:地质出版社,1991.121~133.
- [4] 徐开礼,朱志澄.构造地质学[M].北京:地质出版社,1989.78~88.
- [5] 杨立强,邓军,方云,等.构造-流体耦合成矿效应计算模拟[J].地球学报,1999,20(增刊):433~437.
- [6] 张伯声.地壳波浪运动——形成镶嵌构造的一个主要因素[A].见:张伯声编.张伯声地质文集[C].西安:陕西科学技术出版社,1984.
- [7] 张连昌,姬金生,等.东天山康古尔剪切带型金矿床成矿作用动力学研究.矿床地质,1998,17(增刊):357~360.
- [8] 杨兴科,陈强,张连昌.脆-韧性变形转换与动力成矿过程分析[J].地球学报,1999,20(增刊):26.

ANALYSIS OF TECTONIC DEFORMATION IN THE BAIGANHU GOLD DEPOSIT

CHEN Qiang, YANG Xing-ke, JI Jin-sheng, ZHANG Lian-chang

(School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: The Baiganhu gold deposit lying to the south side of the Qiugemingtashi-huangshan shear zone's east segment in Xinjiang, is located in a wedge-form region bound by the Kushui and Yamansu faults. Its deformation is different from the shear zone in degree, but it has some features of shear zone and some features of brittle deformation. It is thought to be a brittle-ductile deformation transition region. Tectonic models and complex shapes, multi-stage tectonic deformation overlaps have made it a favourable geochemical barrier, an area of quite strong fluid activities, significant of the gold element activation, migration, depositing, enriching and ore forming.

Key words: brittle-ductile deformation; deformation analysis; tectonic transformation; gold deposit belts; Xinjiang