文章编号：1009-9700(2010)02-0015-06

青海省大柴旦红灯沟金矿区成矿条件与成矿模式研究

李 欢，奚小双
（中南大学 地学与环境工程学院，湖南 长沙 410083）

摘 要：重点研究了南祁连岛弧带红灯沟矿床的形成背景、构造演化，以及金矿化与剪切带的关系. 红灯沟矿区位于汇聚板块边缘最重要的金矿成矿带上. 根据野外调查，掌握了剪切带的性质，圈出了矿化异常范围. 据调查，红灯沟矿床有多期的成矿作用，剪切蚀变带具有明显的分带现象，矿化主要发生在韧性剪切带中，构造变形越强，矿化越好. 这就构成复杂的矿化类型叠加组合型式，这也正是形成大型特大型金矿床的重要条件. 成矿物质为深部来源，可能与隐伏酸性岩体的成矿作用有关. 后期的张性填充石英脉是重要的成矿构造. 根据矿床的成因，建立了矿区成矿模式图，指出了矿区有利的找矿部位.

关键词：韧性剪切带；金矿化；岛弧带；成矿模式；红灯沟
中图分类号：P611 **文献标识码**：A

A study of the ore-forming conditions and modes at gold deposits in Hongdenggou, Dachaidan, Qinghai Province

LI Huan, XI Xiao-shuang
(School of Earth Science and Environmental Engineering, Central South China University, Changsha 410083, Hunan)

Abstract: This paper is concerned with the ore-forming background and structural evolvement of the Hongdenggou gold deposit which lies in the island arc area of Southern Qilian Mountain, and with the relationship between the gold deposits and ductile shear zones. The Hongdenggou gold deposit locates in the plate convergent margin, which is the most important gold mineralization zone. Based on the field investigation, the character of the shear zones was clarified, and the area of mineralization abnormity encircled. It was also found that the gold mineralization was related to the ductile shear zone, and that the Hongdenggou gold deposit had several periods of gold mineralization, and the shear zones was clearly divided into several sub-zones. Gold mineralization mainly occurred in the ductile shear zones, particularly in the areas of high deformation. These resulted in a very complex assemblage type of the gold mineralization, and they were also the suitable conditions for forming a large-sized gold deposit. Gold mineralization materials came from the earth depth, and might be associated with the mineralization of granites formed in the island arc area. The quartz veins, which lay in the brittle Au-bearing structure, was the important type of gold mineralization. Based on the formation cause of the gold deposit, a mineralization mode of Hongdenggou deposit was proposed from which the favorable mineralization areas were indicated.

Key words: ductile shear zone; gold mineralization; island arc area; ore-forming model; Hongdenggou gold deposit

1 成矿区域背景

在地理位置上，红灯沟矿区位于柴达木北缘，但在区域成矿背景上，经研究认为红灯沟矿区应位于南祁连. 具体而言，本区大地构造位置处于南祁连岛弧带西段的团鱼山-滩间山岛弧带反“S”型构造西侧的加里东、华力西期金、铅、锌成矿带（区）之赛什腾山-布赫特山金、铅、锌、铜成矿带上，具有较好的

收稿日期：2009-11-24
基金项目：国家自然科学基金资助项目(40372099)
作者简介：李 欢(1985-)男，中南大学地学与环境工程学院硕士研究生，研究方向：矿产普查与勘探.

区域成矿地质条件.

柴北缘构造带及邻区自太古代 - 古元古代早期古陆核形成以来,在漫长的地史发展过程中,经历了五台期 - 喜马拉雅期等多次地质构造事件的作用. 基于不同地质时代的地质事件群的发育特征及其时空配置,通过沉积事件、岩浆活动、变质作用、构造形迹和成矿作用等资料的对比,结合地球物理资料和边界断裂性质研究,辛后田等认为可将柴达木盆地及其周围,划分出 6 个具有不同构造演化历史的二级构造单元(图 1),其构造演化可以划分为前寒武纪基底成生与演化阶段、祁连期洋 - 陆转化阶段、天山 - 印支期板内变形阶段和中新生代陆相盆地演化 - 高原隆升阶段等 4 个构造演化阶段. 从图 1 可以看出,红灯沟矿区位于中南祁连的范围.

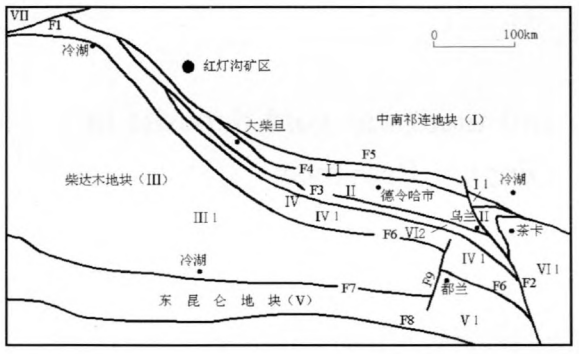

图 1 柴北缘及其邻区大地构造单元的划分(据辛后田等修改)

构造单元:中南祁连地块(Ⅰ)宗务隆山天山期裂陷槽(Ⅰ1);欧龙布鲁克微陆块(Ⅱ);柴达木地块(Ⅲ)柴达木中新生代断陷盆地(Ⅲ1);柴北缘祁连期结合带(Ⅳ):鱼卡河 - 沙柳河高压 - 超高压混杂岩带(Ⅳ1),滩间山蛇绿混杂岩带(Ⅳ2);东昆仑地块(Ⅴ)东昆北岩浆弧(Ⅴ1);兴海 - 共和中新生代断陷盆地(Ⅵ1);塔里木地块(Ⅶ). 主要断裂:F1. 阿尔金断裂;F2. 哇洪山 - 温泉断裂;F3. 柴北缘(乌兰 - 鱼卡断裂);F4. 宗务隆山南缘断裂;F5. 宗务隆 - 青海湖南山断裂;F6. 柴北缘南缘断裂;F7. 东昆北断裂;F8. 东昆中断裂

红灯沟金矿区的成矿背景是岛弧带,即柴北缘洋壳自南向北俯冲到祁连陆块之下而在南祁连上产生的火山岛弧带. 该成矿带大体成北西走向,从北到南依次有小赛什腾山铜矿、野骆驼泉金矿、红灯沟金矿、红柳沟金矿、青龙山金矿、滩涧山金矿(见图 2). 所以该岛弧带产有许多的金矿,是一个金矿集中产区. 原来认为该金矿带与锡铁山铅锌矿属于同一构造带,但从图中对比的位置来看,锡铁山铅锌矿与这一金成矿带的距离较大,应该属于不同的构造带上. 锡铁山铅锌矿属于裂谷带成矿,这已无争议. 所以,红灯沟及其周围的金矿点应是属于南祁连的岛弧成矿带上,这个岛弧带是一个非常有利的金成矿地区.

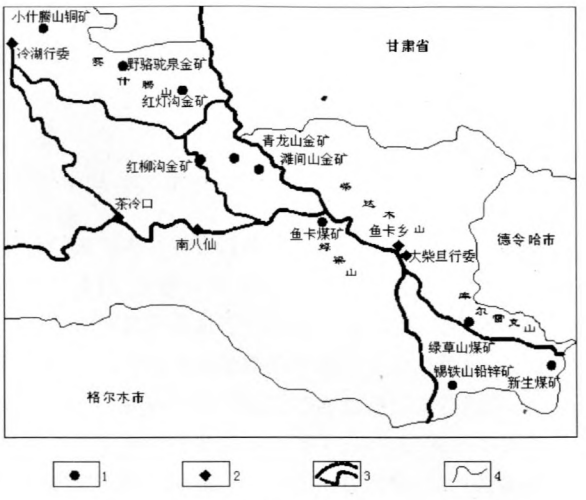

图 2 区域矿产简图

1 - 矿点;2 - 地名;3 - 公路;4 - 行政区界线

2 矿区剪切蚀变带构造分布特征

2.1 矿区地质

矿区地层为一套奥陶系浅变质的火山 - 沉积岩系,属滩间山群,原岩包括安山熔岩、安山质火山碎屑凝灰岩、凝灰质砂砾岩、含钙质凝灰岩、石灰岩等. 火山活动强烈,留下很厚的火山熔岩 - 火山碎屑岩 - 火山沉积岩,可见杏仁构造和枕状构造,为典型的海相火山岩. 石灰岩大多已变质成为大理岩,部分见角砾状构造,被火山凝灰物质胶结,反映了浅海动荡环境的产物. 区域变质作用较浅,仅达到低绿片岩相,岩石中破劈理发育而片理欠发育,变质矿物以绿泥石为主.

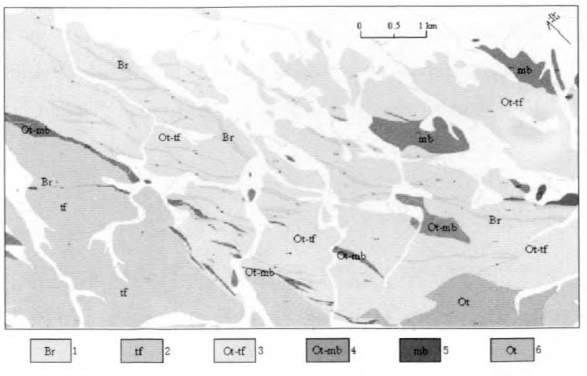

图 3 红灯沟矿区地质图

1 - 剪切蚀变矿化带;2 - 火山凝灰岩;3 - 安山岩夹火山凝灰岩;4 - 安山岩夹大理岩;5 - 大理岩;6 - 安山岩

2.2　剪切蚀变带特征

矿区发育剪切蚀变带构造,是十分特征的构造型式,矿化也主要分布在剪切带中,所以研究剪切带有利于了解其对成矿和控矿的作用. 红灯沟矿区的剪切蚀变带规模很大,走向延伸贯穿矿区全部,剪切带宽度最大的部分在矿区的北部,向南部剪切带规模减小. 剪切蚀变带的形态变化很大,但从填图的整体特征看,剪切蚀变带的分布是相对集中的,说明剪切蚀变带的分布规律性,成因可能是反映矿区应力集中的地区.

在矿区从整体上看,剪切蚀变带是顺层的,在红灯沟矿区地层是南西倾向,剪切带以南西倾向为主,调查发现剪切带有分支现象,有不同的情况,有切层的剪切带,是顺层剪切带之间的转换断层,有顺层剪切带的分支复合的变化. 从矿区整体情况来看,剪切带宽度变化很大,走向大体成南北向(见图 4). 剪切带还有分支复合现象(见图 5).

图 4　剪切带远观景象,走向大约成南北

图 5　主剪切带与分支剪切带,近处是主剪切带,宽度大,顺层,远处山上是分支剪切带,宽度小,与地层斜交

因为是岛弧构造背景,则是与俯冲构造运动有关的挤压剪切带. 在矿区剪切带倾角陡,总体走向成南北向,所以初步判断为与古俯冲海沟相连的走滑韧性剪切成因.

剪切蚀变带具有明显的分带现象. 在红灯沟矿区,剪切带近矿围岩蚀变发育,以多期、多类型叠加,面线复合为特征. 主要蚀变有铁碳酸盐化、泥化、钾化、绿泥石化、铬云母化等. 碳酸盐化蚀变贯穿整个构造带中. 韧性剪切带发育过程中的退变质作用或蚀变作用,特别是硅化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化、铁白云石化,对金矿的成矿作用最为有利. 典型的蚀变分带从蚀变中心到两侧可分为:钾化 - 泥化 - 硅化 - 硅化 - 铁碳酸岩化. 典型的剪切构造分带从中心到两侧可分为:强糜棱岩化带 - 弱糜棱岩化带 - 弱劈理化带(破劈理).

关于剪切蚀变带的剪切方向,因剪切带倾角陡,初步判定为走滑韧性剪切带. 剪切带是属于单剪(有S - C面理),从S - C面理(图6、图7)来看,

图 6　剪切带中的 S - C 面理,小刀柄的方向指示剪切方向

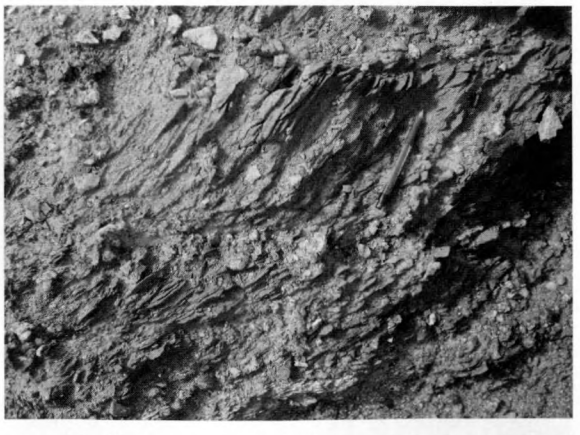

图 7　剪切带中强劈理化带中的 S - C 面理,指示右行剪切

是右行走滑剪切. 另外,从野外考察的剪切带中的旋转碎斑系(见图 8)和显微镜下观察到的旋转碎斑(见图 9)上来看,同样可以得出是右行剪切的结论.

图 8 剪切带中糜棱岩中的旋转斑晶,指示右行的剪切方向

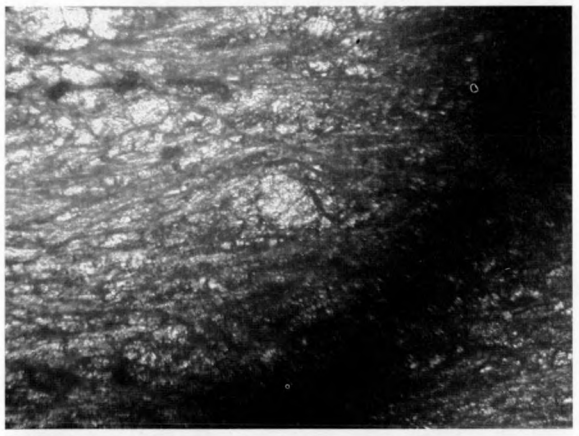

图 9 糜棱岩中石英的旋转碎斑,指示右行剪切 单偏光 ×10

另外,从野外观察到的劈理构造的膝折构造来看,同样指示右行剪切(见图 10、图 11).

图 10 劈理构造的膝折构造指示右行剪切

图 11 劈理构造的膝折构造指示右行剪切

3 矿化蚀变带形成模式研究

红灯沟是处于早古生代柴北缘洋盆俯冲的岛弧带的地质背景. 矿区发育的火山熔岩和侵入岩体,是岛弧带的特征. 花岗闪长岩体大面积分布也是火山弧的特点. 岛弧带成矿类型一般是与岩体有关的成矿. 在岛弧带的火山岩构造通道是与海沟相连的走滑断层,因此是矿区的原生构造型式,这是重要的构造,也是原生成矿构造. 这种俯冲带构造可以长期活动,在火山岩活动期间不断活动,即是火山岩上升通道,也是切错早期火山岩的构造,也是成矿构造,成矿作用往往是在火山岩活动的晚期. 作为岛弧带,剪切蚀变带是岛弧期成矿,应该是属于脉状和破碎带型的成矿类型;岛弧走滑断层是从俯冲带中分解出来的运动,在俯冲带前方,可以处在岛弧火山岩和侵入岩活动地带,是岩浆岩上升通道,也是成矿上升通道. 主弧带成矿的特点是产于岩浆岩带中,这里是火山岩和侵入岩共同发育的地方,矿床一般都产在火山岩中,但是成矿是与深部的侵入岩体有关,而不一定与火山岩有关.

下面着重综述红灯沟矿区的成矿过程.

在剪切带活动早期,热液活动,然后剪切带活动,早期剪切带活动被剪切带改造,之后又有一期热液活动. 热液活动在剪切带活动的过程中一直有,剪切带活动导致热液活动. 早期热液活动也可能持续在剪切带整个活动中. 所以可以看到铁碳酸盐脉有各种特征. 早期脉充填,主要分布在剪切带的边缘,也可能有多期活动;剪切带中部主要有两种方式:充填和交代,呈浸染状蚀变,均匀蚀变,与剪切带活动有关. 剪切带中心部位发生强烈的剪切变形,而剪切

带边部则剪切变形不强. 边缘带的发育既有裂隙发育,但是又没有定向性,应该是脆性变形特征,就是早期剪切带性质,而中心带可能是韧性的. 而剪切带后来显然发生了韧性剪切变形,明显特征是过渡带的发育,这时的剪切带韧性变形也可能有新的热液活动成矿,使过渡带中蚀变加强,而早期脆性变形的边缘带中没有新的变形和热液活动,还是保持早期的构造蚀变矿化特征. 剪切带靠近中心部位存在多期热液活动,早期形成的浸染状铁白云石有被后期剪切活动改造的现象,而靠近剪切带边缘的铁白云石则形状不规则,没有被后期的剪切活动改造.

中部韧性变形不活动时,此时可能在矿区内有隐伏的岛弧带酸性花岗岩体侵位,(隐伏)岩体的侵位也可产生脆性破裂,非连续的后期构造变形作用还可产生脆性构造. 这使成矿环境由韧性特征变为具有脆性特征,故有充填型成矿石英脉. 大石英脉当为晚期. 在某些点,主石英脉呈张性雁列产出,从石英脉在剪切带边缘尖灭处的弯曲方向,判断剪切方向为左行剪切. 晚期石英脉也不是一条大脉,其周边也有小脉. 成矿形成后,矿区再叠加后期造山带劈埋.

剪切带的中心应该是个强硬层,后期叠加对其改造应小,但蚀变为泥化带的可能后期叠加较强. 剪切带的劈理化明显强于火山岩中的劈理,灰绿色火山岩中只有造山期的劈理化,而剪切带中有岛弧期走滑剪切带和造山期劈理化. 有时在剪切带中还可见有劈理的膝折构造,是后期变形构造,属于造山期构造. 造山期为纯剪切变形,岛弧期为单剪切变形. 剪切带的变形强于火山岩劈理,它们的微劈石构造明显不同. 另外,在矿区并不是所有的大石英脉都成矿,有的石英脉对其周围的火山凝灰岩甚至连蚀变都没有,这种石英脉是造山期形成的.

总之,在红灯沟的剪切带矿区,韧性剪切带中有几期成矿作用,其中有多期次的大小石英脉穿插,突出了不同类型金矿化的叠加的成矿特点. 成矿过程模式图 12.

同时,红灯沟成矿也比较符合 M. Bonnemaison 等提出的含金剪切带金成矿作用的 3 阶段模式:1)早期阶段,剪切带形成,带内岩石发生糜棱岩化和强烈片理化,为热液活动提供了通道. 热液作用使带内岩石遭受强烈蚀变,并在剪切带的中心部位形成强硅化带. 2)中期阶段,剪切作用形成脆性裂隙及各种充填脉. 当剪切作用继续进行时,矿物将遭受压碎作用,形成糖粒状石英,它是金矿物的有利储集体. 3)晚期阶段为脆性变形机制,形成大量张性裂隙,矿质充填于其中.

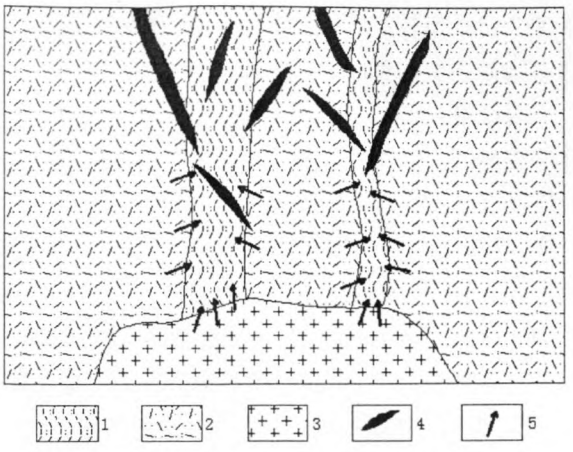

图 12　红灯沟成矿模式简图

1 – 韧性剪切带;2 – 火山凝灰岩;3 – 酸性岩体;4 – 成矿石英脉; – 矿质运移方向

4　找矿依据与找矿方向

本区处于南祁连岛弧带上,已经探明超大型矿床铅锌矿床 1 处,大型金矿 1 处,小型金矿多处;因此工作区处于有利的成矿部位.

红灯沟矿区是主弧带位置,沉积岩的特征是,具有混杂岩带 – 前弧盆地沉积 – 弧间盆地沉积 – 弧后盆地沉积的分带性,红灯沟矿区滩间山群是以火山岩为主的地层,沉积岩主要是凝灰岩和灰岩大理岩,这应该是主弧带位置,往南是前弧带的火山碎屑岩带,往北是主弧带的内部火山岩带. 红灯沟是前弧与火山弧的过渡带,因为这里既有火山岩发育,也有大理岩出现,喷流成矿的可能性就很小了,因为不可能是裂谷喷流成矿,而岛弧喷流成矿应该在弧后位置,这里是弧前位置;斑岩型矿床是一种可能,但是没有斑岩矿化的表现;浅成热液矿床也缺少表现. 矿区分布的剪切带是岛弧带形成的与海沟相连的走滑断层,是岛弧带成岩成矿的构造,这种剪切带与成矿岩体的叠加就是成矿的部位.

该地区奥陶系滩间山群发育一套中基性海相火山喷流沉积岩,地表未见到喷流间歇期形成的碳酸盐岩及碎屑岩;但从所处构造环境、地理位置及周边区域成矿事实等因素分析,韧性剪切带确实存在,地

层含金背景值较高,与区带上成型矿床类比,具有找到中型韧性剪切型或蚀变岩型金矿的可能.

对红灯沟矿区的情况看,在矿区南西部,即北部红灯沟矿区与南部胜利沟矿区之间地表出露的侵入岩体没有成矿的显示(从区域地质图看是加里东期岩体,与滩间山群的奥陶纪时代一致),而且岩体规模很大,不可能是斑岩型矿床的岩体.现在在北部红灯沟矿区分布的剪切带矿化是在火山岩中分布的,地表出露的岩体很少,也没有矿化显示,可能也是与南部深部成矿岩体有关,只是与隐伏岩体稍远,故石英脉细,矿化不是很好.剪切带矿化是成矿岩体上部稍远处的矿化显示,预示不远处有成矿岩体,因此剪切带矿化实际上也是下部岩体成矿的指示,剪切带成矿在走向上消失,也是下部成矿岩体的消失.为此可以观察剪切带成矿的地表分布特征,有无中心和外围分带性,是否有围绕下部岩体成矿的特征等.这种模型与裂谷带成矿有区别,裂谷带成矿主要是同生断层控矿,不需要岩体,而且以喷流矿床为主要目标,剪切带成矿也是作为构造改造喷流矿层而形成的,与岩体的第一次成矿是不同的.在矿区表现明显的是剪切带构造,就是与海沟相连的走滑断层的具体表现,但是成矿物质来源不会是剪切带本身,在岛弧带还应该有岩体作为成矿物质来源所以,我们应该重视岩体与成矿的关系.岛弧带成矿系列的要点是岩浆岩成矿,以侵入岩为主的岩浆岩热液成矿,这是矿区找矿的基本类型,从这种成矿类型来思考矿区的找矿目标.

红灯沟北东段,中基性火山岩层中发育大量的北西-南东向剪切蚀变带,其中挤压劈理化强,有明显的退色化,普遍发育硅化、铁白云石化和黄铁矿化,含有石英铁白云石脉,可见褐铁矿和孔雀石等表生矿物,偶见铬云母化,已有测试结果表明存在金(银、铜)矿体和矿化体.地层多元素分析也表明,该段的铜金含量较高,是有利的层位.剪切带成矿也集中在红灯沟矿区的中东部,从成矿的条件看,是有利的矿源层,也是剪切带构造发育的地方,剪切带发生在地层岩性相对软弱的地方,也是成矿有利的条件.

参考文献

[1] 程裕淇.中国区域地质概论[M].北京:地质出版社,1994:216-221.

[2] 辛后田,王惠初,周世军.柴北缘的大地构造演化及其地质事件群[J].地质调查与研究,2006,29(4):311-320.

[3] 刘继顺.韧性剪切带中金成矿研究的若干问题[J].地质评论,1996,42(2):123-128.

[4] Wang G M,E. Australia. White S H. Gold mineralization in shear zones within a turbidite tertane,examples from central Victoria,S. Ore Geology Reviews,1993(8):163-188.

[5] 陈柏林.构造形变类型与金矿化类型的关系[J].世界地质,2000,19(3):217-223.

[6] Wang G M,E. Australia. White S H. Gold mineralization in shear zones within a turbidite tertane,examples from central Victoria,S. Ore Geology Reviews,1993(8):163-188.

[7] Boullier A M,Robert F. Palaeoseismic events recorded in Archaean gold-quartz vein networks,Vald or,Abitibi,Quebec,Canada. Journal of Structural Geology,1992(14):161-179.9(4),38-41.

[8] Bonnemaison M,Marcoax M. Auriferous mineralizationin some shear-zones:A three-stage model of metallogenesis. Mineral. Deposita,1990(25):96-104.

[9] 贺领兄,范照雄.青海省大柴旦红柳沟金矿床的地质特征及其成因探讨[J].矿产与地质,2006(1):36-42.

[10] 吴正寿,邓元良,苏生顺.青海省大柴旦镇红柳沟金矿床地质特征及其成因[J].青海地质,2001(1):36-39.

[11] 林文山,范照雄,贺领兄.青海省大柴旦青龙沟金矿床地质特征、找矿标志和找矿方向[J].矿产与地质,2006,20(2):122-127.