

# 四川省理塘县日乃金矿床地质特征及控矿因素

李亮,梁清玲

(四川省冶金地质勘查局六〇六大队,成都 611730)

**摘要:** 四川省日乃金矿位于甘孜—理塘蛇绿混杂岩带的南段,区内中生代构造—岩浆活动强烈,发育上、下两套蛇绿岩,日乃金矿即赋存于上部的瓦能蛇绿岩组中,矿化带主要发育在区域性断裂次级的F6和F7之间的断裂破碎带中,矿化范围具有中—低温热液蚀变,形成3条金矿化带,矿体为脉状,长520~1120 m,宽5.18~6.97 m;矿体倾向NW,倾角40°~75°;矿石品位 $w(\text{Au})=1.89 \times 10^{-6} \sim 3.77 \times 10^{-6}$ ;矿石的主要含金矿物为黄铁矿和毒砂。根据金矿地质特征和主要控矿因素提出矿床的成因类型为与燕山晚期构造—岩浆活动有关的热液交代充填型金矿床,同时归纳了日乃金矿床的控矿因素。

**关键词:** 日乃金矿;热液型金矿床;理塘蛇绿岩带;矿床成因;控矿因素;四川省

**中图分类号:** P613;P618.51 **文献标识码:** A

## 0 引言

日乃金矿的地理位置为四川省甘孜州理塘县德巫乡日乃村南东方向的无量河东侧,矿区位于甘孜—理塘蛇绿混杂岩金银成矿带的南段,在该金矿带中已发现多个中型金矿<sup>[1-2]</sup>。2005年,四川省地质矿产公司理塘项目组对日乃—尊敦地区进行1:5万水系沉积物测量工作,对1:20万第二代化探异常进行查证,发现在日乃村南东的松树梁子约2 km<sup>2</sup>范围内Au-As-Sb异常良好,随后对该区开展了1:1万土壤测量,在松树梁子圈出了金异常2处,并对东侧1处异常进行了解剖,发现了具有找矿远景的金矿化体3条,并开展了简略地质评价工作,初步了解了矿体的产状、规模;2006年,四川省地质矿产公司普查组在该区开展地质普查工作;2014—2015年,四川省地质矿产勘查开发局402队受四川省理塘县正金矿业有限责任公司委托,开展四川省理塘县日乃金矿详查工作,共圈定了3个金矿体,估算332+333类金资源量约18 t<sup>[3]</sup>。日前对日乃金矿床及其外围的地质综合研究工作相对薄

弱,对成矿规律、矿床成因等方面的有待深入,本文在前人地质工作基础上,对金矿床的地质特征和控矿因素进行归纳,以期为进一步的勘查开发工作提供科学依据。

## 1 区域地质

按板块构造理论的构造单元划分方案<sup>[4]</sup>,矿区所处大地构造单元为西藏—三江造山系中的三江弧盆系,三级构造单元为甘孜—理塘蛇绿混杂岩带(图1)。甘孜—理塘蛇绿混杂岩带在前人研究中亦被称为甘孜—理塘结合带、甘孜—理塘缝合带及甘孜—理塘裂谷带等名称,位于义敦火山岛弧与巴颜喀拉弧后盆地之间,是青藏高原东部重要的板块拼合界线。

矿区所在区域的地层分区为巴颜喀拉地层区的玉树—中甸分区稻城小区<sup>[6]</sup>,区内主要出露理塘蛇绿岩群(P-TL)。该群下部为卡尔蛇绿岩组(P-Tk)出露浅灰—深灰色薄—中层片理化细—粗粒石英砂岩,夹(钙质)绢云板岩、深灰色硅质岩、硅质板岩及少量基性火山岩、结晶灰岩;上部为瓦能蛇绿岩组(Tw),

收稿日期: 2018-05-17; 改回日期: 2018-09-28; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 李亮(1967—),男,高级工程师,主要从事地质矿产勘查与评价。通讯地址:四川省成都市郫都区一里东街249号,邮编:611730;E-mail:376195022@qq.com

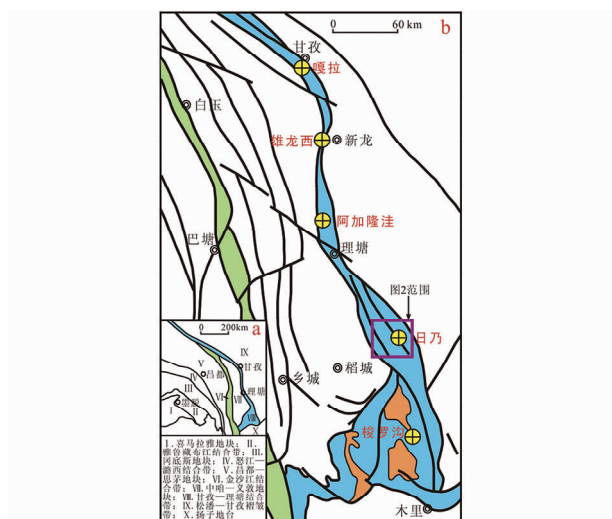
图1 日乃金矿区位置示意图<sup>[5]</sup>

Fig. 1 Map showing position of Rinai Au deposit

出露浅-深灰色薄-中层变质石英砂岩、致密块状玄武岩、火山角砾岩、基性凝灰岩、夹绢云板岩、绢云千枚岩、硅质岩，玄武岩中夹有时代不同的角砾状灰岩；瓦能蛇绿岩组可分为上、下2个岩段。

区域内岩浆岩发育，侵入岩和火山岩均很发育，以喷发岩为主，岩浆活动以印支期为主。区域火山岩主要分布于三叠系火山沉积建造中，是区域金矿床的主要含矿岩系，尤其是强烈蚀变基性火山岩、基性凝灰岩中。侵入岩主要为基性-超基性岩，岩体规模小、成群成带产出。岩石类型主要有辉石橄榄岩、橄榄辉石岩、蛇纹岩、角闪辉岩、辉石角闪岩、辉长岩、辉绿岩等。

甘孜-理塘蛇绿混杂岩带是一条长期活动的深断裂带，先后经历了印支期、燕山期和喜马拉雅期的多期构造活动<sup>[7-8]</sup>。断裂带呈NNW向的反S形，长约700 km，带内构造活动非常强烈，矿区所在区域范围形成以NW向为主的大致平行展布的褶皱、断裂构造格局(图2)。主要的褶皱有巴夏向斜、日乃背斜、鄂涅向斜、鄂涅西背斜和擦拉向斜；主要的断裂有理塘-马岩断裂、巴鲁断裂、德巫断裂、斋永希东断裂、麦注断裂等。NW向断裂是区域性断裂，不仅控制着矿区周边区域的沉积建造和岩浆活动，也对区内金矿的成矿具有重要的控制作用。

## 2 矿区地质特征

### 2.1 矿区地层

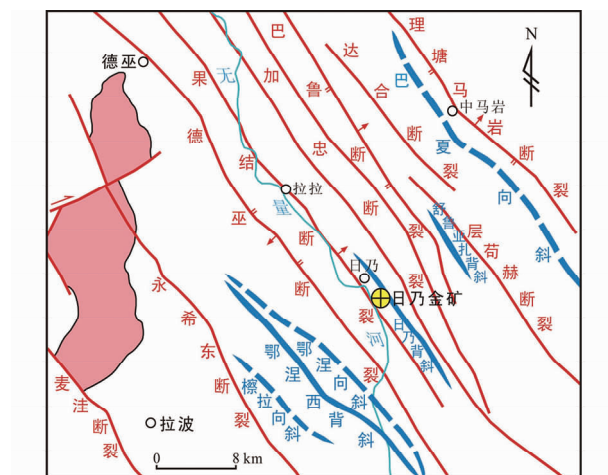


图2 理塘南部构造纲要图

Fig. 2 Structural outline map of the South Section of Litang

矿内出露地层为三叠系瓦能蛇绿岩组(Tw)和志留-二叠系(S-P)，其中瓦能蛇绿岩组的主要岩性有片理化石英砂岩夹板岩、粉砂岩、硅质岩及杏仁状玄武岩、角砾状玄武岩、蚀变玄武质凝灰岩(混杂岩带)、灰岩。火山岩以基性岩为主，少量火山岩化学成分上略偏超基性；火山岩的产出形式多为溢流型熔岩，也有部分为喷发型火山碎屑岩或火山碎屑-熔岩；火山岩层较厚、受后期构造影响多具片理化；瓦能蛇绿岩组与中、下三叠统均为整合接触；区内金矿(化)体均产于瓦能蛇绿岩组中，已发现的金矿体多产于蚀变玄武质凝灰岩(混杂岩带)中，经取样证实，蚀变玄武质凝灰岩普遍存在金的矿化。志留-二叠系在的主要岩性为薄层状灰岩。

### 2.2 矿区构造

矿区构造主要体现为断裂构造。规模较大的断裂有3条，分别为F<sub>2</sub>、F<sub>6</sub>和F<sub>7</sub>。

(1)F<sub>2</sub>断裂。区域上名为果结断裂，断裂产状为走向330°，倾向NE，倾角70°左右，沿矿区南西南角通过，断裂长度达37 km。断裂性质为推覆断层，沿断裂构造谷和线状构造影像明显，断裂带中破碎带、滑坡体、地裂缝等遗迹清晰可见，是一条近代仍有活动的活动型断裂。断裂为区域性控矿构造，本矿区的F<sub>6</sub>断裂和F<sub>7</sub>断裂均为F<sub>2</sub>断裂派生出来的次级断裂(图3)。

(2)F<sub>6</sub>断裂。为本矿区的主要含矿断裂，总体走向近SN，北端有向西偏转的趋势，倾向E-SE，倾角变化较大(40°~70°)，平均为50°，断层性质为逆断层。地表断裂延展达1 km，破碎带中主要见有灰

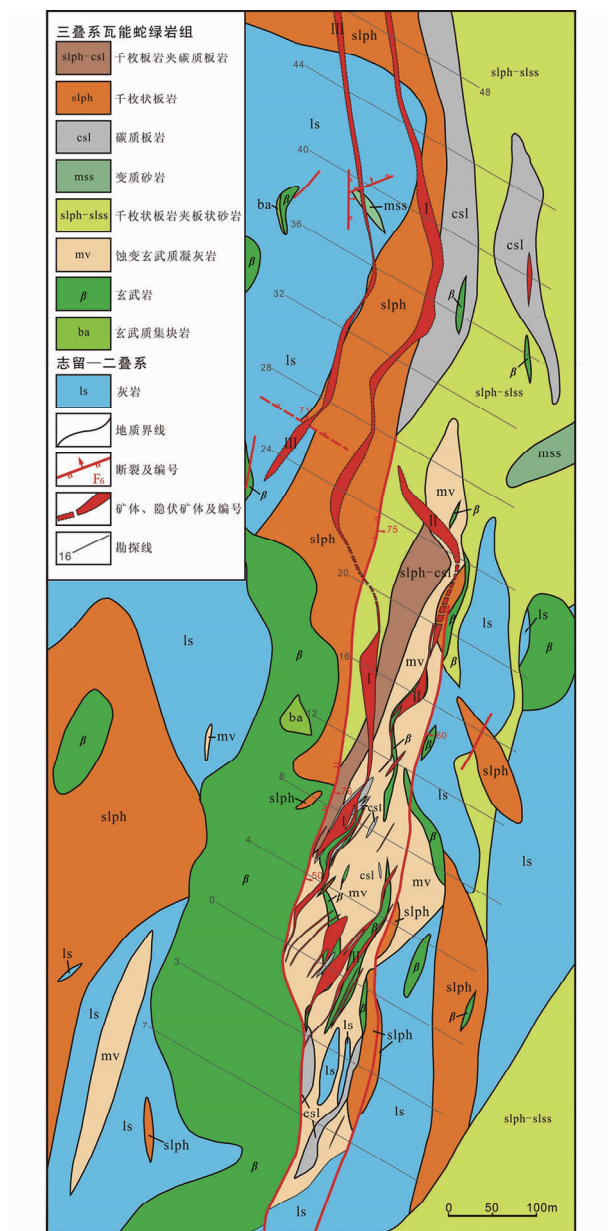


图 3 日乃金矿地质图

Fig. 3 Geological sketch of Rinai Au deposit

绿色-灰黄色断层泥,以及玄武岩质角砾、蚀变玄武质凝灰岩角砾等。断裂的上盘为灰黄色-灰黑色蚀变玄武质凝灰岩,下盘为灰绿色玄武岩,局部岩石具强烈的片理化。断裂两侧岩石均有糜棱岩化特征,显示该断裂的脆-韧性剪切性质。

(3)  $F_7$  断裂。是本矿区的主要含矿断裂,总体走向近 SN,倾向 E—SE,倾角约为  $40^\circ$ ,断层性质为逆断层。地表断裂延伸长度超过 1 km,破碎带中主要为断层泥,以及蚀变玄武质凝灰岩角砾和灰岩角砾。断裂的上盘主要为灰岩、角砾状灰岩和蚀变玄武质凝灰岩,下盘为灰黑色蚀变玄武质凝灰岩。断

裂带两侧岩石出现糜棱岩化特点,说明断裂带还具有韧性断层的性质。

$F_6$  断裂和  $F_7$  断裂大致平行展布,构成了矿区的容矿带破碎。破碎带的西侧边界为  $F_6$  断裂,东侧边界为  $F_7$  断层,容矿破碎带呈近 SN 走向,宽度 65~105 m,向北变宽,向南收缩变窄,这种变宽和收缩特点与金矿的矿体规模成正相关关系。金矿体均产于容矿破碎带内,因此这个破碎带对金矿体具有重要的控制作用。

## 2.3 矿区岩浆岩

日乃金矿区内的岩浆岩以火山岩类为主,侵入岩不多。岩浆岩的活动时间主要为印支期,以基性岩为主。

(1) 火山岩。矿区的火山岩主见于三叠系瓦能蛇绿岩组中,岩石类型主要有枕状玄武岩、玄武岩、橄榄玄武岩、凝灰熔岩、凝灰岩、火山角砾岩等。凝灰岩为矿区的重要容矿岩石之一。

(2) 侵入岩:基性-超基性岩,主要形成于晚华力西期,印支期次之。主要分布于甘孜-理塘断裂带中,为蛇绿岩套的组成部分,但矿区中地表所见不多。岩体具有规模小、成群-成带产出特点,岩石类型有辉石橄榄岩、橄榄辉石岩、蛇纹岩、角闪辉岩、辉石角闪岩、辉长岩、辉绿岩等。

## 2.4 围岩蚀变

矿区内热液蚀变发育,蚀变类型多样,有硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、纤闪石化、高岭土化等均程度不同的出现,其中硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化等蚀变分布范围广泛,与成矿关系密切的蚀变有硅化、绢云母化、黄铁矿化和碳酸盐化等。

(1) 硅化:主要表现为 2 种形式,一种为变质砂岩中的石英颗粒边缘有次生的硅质堆积晶出,使原有的石英颗粒变大,这类硅化现象与金矿化关系不明显;另一种为后期热液阶段的硅质沉淀、富集,多以微细脉状或网脉状沿岩石裂隙分布,与黄铁矿等组成石英-黄铁矿细脉,与金矿化关系密切。

(2) 绢云母化:是一种常见的热液蚀变类型,绢云母和石英、金属硫化物常以细脉状或细网脉状产出;绢云母往往与高岭土共生,在构造裂隙发育地段绢云母化较为强烈。绢云母化与金矿化的关系较密切,矿区部分金矿体即产于绢云母化岩石中。

(3) 黄铁矿化:多呈星点状、细脉状或微细脉状,产于蚀变脉体中或构造裂隙中,为金质的主要载体矿物。

(4)泥化:主要为高岭土化,亦为常见的蚀变类型,一般蚀变强度不大。

### 3 矿床地质特征

#### 3.1 金矿化特征

矿区金矿化主要产于瓦能蛇绿岩组岩石中,通常岩性组合较复杂的地段,金矿化相对较强、矿化范围宽度较大;而岩性组合较为简单的地段,金矿化相对较弱、矿化范围较为狭窄。

金矿化带受矿区中  $F_6$  和  $F_7$  断裂的直接控制,2条断裂之间为金矿化带,金矿化带与断裂破碎带的形态、产状基本一致,部分地段略有超出断裂破碎带的范围,由于金矿化带中岩性组合较为复杂,岩石的物理性质有所差异,破碎的程度不同,金矿化的强弱与岩石的破碎程度、构造片理的发育程度、热液蚀变的强弱关系密切。一般岩石破碎和片理化程度越高(如沿走向的构造透镜体之间)、热液蚀变越强(细粒的黄铁矿、毒砂矿发育地段)金矿化越好。反之,矿化较弱,或形成无矿透镜体。

#### 3.2 金矿体特征

矿区已经发现的金矿体基本上介于  $F_6$  断裂和  $F_7$  断裂之间的蚀变矿化破碎带中,与基性火山岩和碳质板岩相伴产出,总体呈脉状产出,沿走向具有波状延伸的特点,金矿体多呈膨大—缩小交替出现的串珠状透镜体(图3),透镜体的走向长度一般为100~250 m,矿体在地表的延伸长度为560~1 120 m,厚度介于1~25 m之间,以3~10 m者居多,局部地段宽度可达10~25 m。金矿体倾向一般为 $90^\circ \sim 120^\circ$ ,矿区南段金矿体约为 $120^\circ$ ,矿区北段约为 $90^\circ$ ;金矿体倾角为 $40^\circ \sim 75^\circ$ ,浅部(深度0~100 m)金矿体倾角略缓,多在 $40^\circ \sim 60^\circ$ 之间,深部在 $60^\circ \sim 75^\circ$ 之间;平均倾角为 $65^\circ \sim 70^\circ$ 。沿倾向方向金矿体也具有膨大—缩小交替出现的串珠状透镜体特点(图4),矿体产状由缓变陡。

经过地质勘查工作,共圈出3条金矿体,编号分别为Ⅰ号、Ⅱ号和Ⅲ号。

(1)Ⅰ号矿体。Ⅰ号矿体贯穿整个勘查区,控制长度1120 m,矿体始于3号勘探线,目前控制至50号勘探线,50号勘探线以北暂无工程控制,3号—20号勘探线间露头较好,金矿体呈断续状出露;22号—50号勘探线之间基本为隐伏矿体。钻探工程的控制标高为3 317~3 600 m。Ⅰ号矿体的平均厚

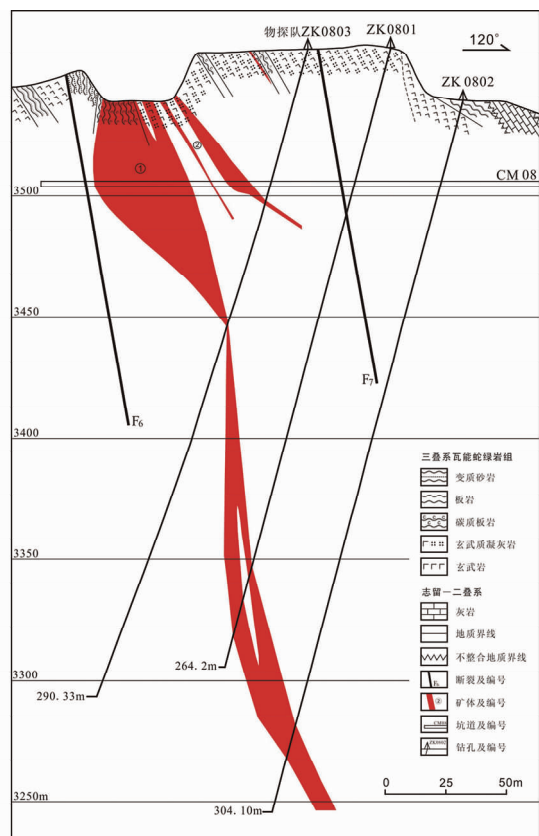


图4 日乃金矿8号地质勘探线剖面图

Fig. 4 Cross-Section of line 8 in Rinao gold deposit

度为6.97 m,平均品位 $w(\text{Au})=3.77 \times 10^{-6}$ 。金矿体产状与地层基本一致,为 $90^\circ \sim 120^\circ \angle 40^\circ \sim 75^\circ$ 。浅部矿体的产状略缓,深部逐渐陡倾至 $75^\circ$ 左右。

(2)Ⅱ号矿体。Ⅱ号矿体的控制长度约为600 m,始于1号勘探线,止于26号勘探线。1号—22号勘探线之间地表断续有所出露;24号—26号勘探线间为隐伏矿体。工程控制标高为3 462~3 636 m。Ⅱ号矿体的平均厚度为5.18 m,平均品位 $w(\text{Au})=1.89 \times 10^{-6}$ 。矿体产状和勘查区地层一致,为 $110^\circ \sim 120^\circ \angle 50^\circ$ 。

(3)Ⅲ号矿体。Ⅲ号矿体的控制长度为520 m,控制范围为24号—50号勘探线。均为隐伏矿体,工程控制标高为3 200~3 524 m。矿体平均厚度为6.56 m,平均品位 $w(\text{Au})=3.25 \times 10^{-6}$ 。矿体产状大致为 $90^\circ \angle 70^\circ$ 。含矿岩石主要为玄武质火山岩。

### 4 金矿石特征

#### 4.1 矿石类型及矿物组成

矿石分为氧化矿石和原生矿石2类。

氧化矿石:呈黄褐-棕褐-红褐色,氧化矿物主要为褐铁矿,矿石构造以土状、蜂窝状、疏松块状为主,局部见条纹(条带)状构造。硫、铁等多已氧化为氢氧化物或氧化物,硫化物含量一般 $<1\%$ ,没有明显的氧化富集特点。受高原冰冻期长的影响,矿体氧化深度较浅,一般不超过50 m。金属矿物主要有金、褐铁矿、黄铁矿氧化残余、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿等,金属矿物表面一般有褐铁矿薄膜;脉石矿物主要为凝灰质、石英、铁白云石、方解石、绿泥石等。

原生矿石:矿石呈灰黑色(含碳质)或灰白色,金属矿物主要为毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿等硫化物,脉石矿物主要有白云石、石英、绿泥石、玄武质糜棱岩交代残余和少量绢云母。赋矿岩石为强蚀变的糜棱岩化玄武质火山岩,蚀变后又经构造改造,具有碎裂结构,树枝状裂隙发育,金属硫化物沿裂隙充填,少数呈星点状分布。

#### 4.2 主要含金硫化物

金矿石中的主要含金硫化物为黄铁矿和毒砂。

黄铁矿:以自形一半自形五角十二面体晶形为主,次为立方体晶形,偶见球状黄铁矿,其中的五角十二面体晶形的黄铁矿多具碎裂特征,黄铁矿主要呈浸染状产出,少数微细粒他形黄铁矿细脉沿岩石破裂面充填,个别黄铁矿具有次生的增长边结构。

毒砂:常呈自形一半自形的矛状、针状等形态,呈浸染状分布,常与黄铁矿构成连晶。由于剪切作用影响,矿物中垂直于柱状体的裂纹发育,并在这些裂隙中常充填有石英,白云母及碳酸盐矿物个别晶体经构造作用形成竹节状构造。剪切作用形成的书斜构造和压力影构造可指示剪切作用的方向。

#### 4.3 金的赋存状态

矿石有用矿物主要为金,根据邻近的同类型金矿分析主要为微粒金,氧化矿中地表自然金主要与石英呈连生体,原生矿体中的金主要分布于硫化物中,以微粒金和次显微金为主,金的赋存状态以硫化物包裹金为主。

#### 4.4 矿石结构构造

矿石结构主要有变砂状结构、粉砂结构、泥质结构、微晶结构、隐晶结构等;镜下显微结构有鳞片结构、鳞片变晶结构、自形一半自形结构、碎裂结构等。矿石构造主要为块状构造、浸染状构造、细脉状构造、网脉状构造等。

## 5 控矿因素

### 5.1 区域构造环境因素

日乃金矿床所在的甘孜-理塘混杂岩带是消减的古特提斯洋与扬子陆块之间义敦古岛弧带东侧的结合带<sup>[8]</sup>。自三叠纪到白垩纪末,经历了洋壳俯冲、陆-弧碰撞和陆内会聚等一系列构造演化,在中生代长期活动。三叠纪堆积的大量蛇绿混杂岩为区域成矿奠定了部分物质基础,其后强烈的韧性剪切断裂和脆性断裂活动形成了良好的导矿通道和储矿空间,燕山期发育在岛弧间的大规模壳源花岗岩侵入则为成矿元素的活化、富集提供了足够的能量和介质条件。在一些构造交汇或次级构造发育的部位往往构成金矿富集地段,形成工业金矿体。

### 5.2 层位与岩性因素

研究表明,产于裂谷环境的基性火山岩因其金丰度相对较高而成为理想的赋金围岩<sup>[9]</sup>,而岩石中的碳质不仅在沉积过程中对金有预富集的作用,而且在成矿期流体对“源岩”金质的萃取具有一定的吸附作用<sup>[10]</sup>。从甘孜-理塘金矿带的成矿地质条件分析,瓦能蛇绿岩组中的基性火山岩、火山碎屑岩及碳质板岩具有普遍的含矿性,往往成为金矿体的直接围岩。日乃金矿区的赋矿地层亦为三叠系瓦能蛇绿岩组(Tw),主要为细碎屑岩-基性火山岩、火山碎屑岩组合,直接围岩有基性火山凝灰岩、玄武岩和含碳的细碎屑岩等。赋矿岩石受后期韧性剪切作用影响,片理化现象普遍,并且经热液交代具有硅化、绢云母化、黄铁矿化和泥化(高岭土化)等蚀变。

### 5.3 构造因素

燕山晚期发生的陆内会聚事件,沿甘孜-理塘蛇绿混杂岩带发生逆冲推覆<sup>[1]</sup>。在理塘以南的区段中,混杂岩带宽度加大,并出现多条平行的NW向断裂,在巨大的地应力作用下,蛇绿混杂岩体发生强烈的压缩变形,产生一系列韧性剪切带,岩石发生糜棱岩化、面理和片理,金元素在压力下产生活化迁移,向压力的剪切带边部迁移。当地应力过强时,就产生沿应力面出现的破裂;剪切活动的晚期,剪切应力充分释放后,地壳恢复到相对松弛的状态,一些张性或张扭性破碎结构面也会出现<sup>[11]</sup>。由剪切构造产生的变质热萃取围岩中的成矿物质,进入深源流体中迁移,含毒砂、黄铁矿、辉锑矿的石英(细)脉沿张性及张扭性破裂面充填,形成金的局部富集。日

乃金矿区金矿体附近的岩石中的片理化现象普遍,并发生程度不同的糜棱岩化,矿区南部的金矿体带具波状延伸和“S”形转弯的特点,说明金矿区经历过较强烈的韧性剪切作用。在脆性断裂活动期,矿区的主要控矿断裂( $F_6$ 和 $F_7$ )作为果结断裂( $F_2$ )的次级断裂,基本上沿先期的韧性剪切发育,由成矿前的左行压扭活动到成矿期的张-张扭活动,金矿体大部分产于 $F_6$ 和 $F_7$ 断裂之间的构造薄弱带中,如韧性剪切形成的片理、剪切S面理和C面理,脆性破碎形成的断裂破碎带、断层角砾岩。

#### 5.4 围岩蚀变因素

围岩蚀变是指含矿热流体或溶液在沿韧、脆性构造形成的通道和空隙中运移和循环,与围岩发生水-岩反应,造成岩石在矿物组合和岩石结构方面发生改变,形成新的、更为稳定的矿物组合。日乃金矿区与金矿化关系密切的围岩蚀变为硅化、绢云母化、黄铁矿化和碳酸盐化。这些蚀变带沿韧、脆性构造带发育,构成金矿体和矿化体的主要分布范围。

成矿期的围岩蚀变叠加在基性火山岩的自变质蚀变岩之上,形成一套新生的浅色蚀变岩组合<sup>[12]</sup>。三叠纪基性火山岩的自变质源自火山喷发晚期的水-岩作用,受其影响的岩石多保留火山岩结构构造,变质(蚀变)矿物多成假像交代火山岩斑晶和基质矿物,如黑云母雏晶、次闪石、绿泥石交代辉石,钠黝帘石、斜黝帘石交代斜长石等。成矿期形成的蚀变岩很大程度上破坏或替代了基性火山岩的矿物和结构构造,成为明显退色的蚀变矿物组合(石英+绢云母+碳酸盐(方解石)),它们与含金的黄铁矿、毒砂紧密共生。

## 6 矿床成因

在甘孜-理塘板块结合带中,类似的金矿床(点)有多处(德格错阿金矿、甘孜嘎拉金矿、新龙雄龙西金矿、理塘阿加隆洼金矿、木里梭罗沟金矿等),具有一些共同的特征:均产于三叠纪瓦能蛇绿混杂岩组中,蛇绿混杂岩建造的控制,成矿前都经过明显的韧、脆性构造变形活动,具有一套中-低温蚀变矿化组合,含金矿物往往以黄铁矿、毒砂为主,金多为细-微细粒。日乃金矿目前的研究程度较低,但矿床成因特点可以从同成矿区带中的典型金矿床(嘎拉金矿、阿加隆洼金矿和梭罗沟金矿)得到参考与借鉴。

(1)成矿时代。日乃金矿床控矿的韧性、脆性断裂均产生于蛇绿岩形成之后,然后才出现围岩蚀变和金的矿化。由此判断成矿与海相基性火山岩活动并非同时代的产物,推测金矿的成矿作用晚于三叠纪。邹伟静应用锆石裂变径迹法对甘孜-理塘板块结合带中部分金矿的矿石进行测年,年龄值介于 $(82 \pm 5) \sim (140 \pm 8)$  Ma之间。其中,嘎拉金矿的年龄为 $(82 \pm 5)$  Ma,单颗粒年龄峰值集中在70 Ma左右;雄龙西金矿为 $(107 \pm 7)$  Ma,峰值为92.5 Ma;阿加隆洼金矿 $(140 \pm 8)$  Ma,单颗粒年龄有2个峰值年龄,代表经历多次热事件,分别为102.5 Ma和142.5 Ma,锆石年龄多集中在120 Ma以上<sup>[13]</sup>。张能德<sup>[14]</sup>获得的嘎拉金矿不同矿化带全岩和矿石样品的Rb-Sr等时线年龄为 $(157 \pm 14)$  Ma。上述年龄数据表明,甘孜-理塘结合带中的金矿是燕山晚期陆内会聚时期形成的,推断日乃金矿也是这一时段的产物。

(2)成矿物质来源。嘎拉金矿和阿加隆洼金矿的矿石硫化物与围岩的硫同位素具有很好的一致性, $\delta(^{34}\text{S}) = -13.25 \times 10^{-3} \sim -4.9 \times 10^{-3}$ ,与火山岩 $\text{S}_2\text{H}$ 的 $\delta(^{34}\text{S})$ 范围相近<sup>[15-16]</sup>;梭罗沟金矿矿石硫化物的 $\delta(^{34}\text{S}) = -1.18 \times 10^{-3} \sim 7.79 \times 10^{-3}$ ,主要数据集中于 $5 \times 10^{-3} \sim 8 \times 10^{-3}$ <sup>[12]</sup>,分布范围很窄,接近岩浆岩的硫同位素特征。说明矿床的硫主要为来自围岩蛇绿混杂岩,但不排除来自壳源岩浆岩硫的可能性。金矿床的铅同位素都显示出源自上地壳的特点,暗示成矿物质主要来自蛇绿混杂岩建造。

(3)成矿流体特征。嘎拉和阿加隆洼金矿的包裹体均一温度介于 $135 \sim 240^\circ\text{C}$ 之间,梭罗沟金矿的均一温度分为2个区间(含 $\text{CO}_2$ 包裹体为 $220 \sim 380^\circ\text{C}$ ,盐水溶液包裹体为 $100 \sim 220^\circ\text{C}$ ),表现出金矿床形成于中-低温的环境中;金矿床的氧同位素组成范围很窄的正值( $\delta(^{18}\text{O}) = 15 \times 10^{-3} \sim 20 \times 10^{-3}$ ),氢同位素组成很低( $\delta(\text{D}) = -114 \times 10^{-3} \sim -126 \times 10^{-3}$ ),显示成矿流体中有建造水和大气降水的参与。

(4)矿床类型。前人对甘孜-理塘结合带内金矿的矿床类型观点不尽一致,卡林型、微细浸染型、剪切带型、蚀变岩型、造山带型等等<sup>[12,15-18]</sup>。从以上金矿的地质-地球化学特征分析,作者认为日乃金矿床是以三叠纪蛇绿混杂岩基性火山岩建造为赋矿围岩,与燕山晚期韧-脆性断裂构造活动有关的中-低温热液金矿床,金矿体在新生代遭受风化剥蚀,近地表矿体形成氧化型金矿体。

## 参考文献:

- [1] 郭晓东,牛翠,赵玉锁. 甘孜—木里成矿带金成矿特征及找矿方向[J]. 黄金科学技术, 2009, 17(4): 1-9.
- [2] 晏子贵. 甘孜—理塘断裂带金矿成矿地质特征和控矿因素浅析[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(S1): 52-57.
- [3] 李猛,王章翔,庞江海. 甘孜—理塘日乃金矿地质特征及成因[J]. 四川地质学报, 2018, 38(1): 84-88.
- [4] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 2009, 36(1): 1-28.
- [5] 刘书生,范文玉,聂飞,等. 四川木里梭罗沟金矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 黄金, 2015, 36(6): 8-13.
- [6] 辜学达,刘啸虎. 四川省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997: 343-345.
- [7] 邹光富. 甘孜—理塘板块缝合带研究的新进展[J]. 四川地质学报, 1995, 15(4): 257-263.
- [8] 邹光富,毛君一. 甘孜—理塘断裂带构造演化与金矿的关系[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 233-240.
- [9] 包云河,刘翔,何柏安. 湘、桂地区碳硅泥岩型金矿床成矿地质条件[J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(4): 456-463.
- [10] 王彤. 甘肃阳山金矿床碳质与成矿关系初探[D]. 成都:成都理工大学, 2012.
- [11] 陈柏林,董法先. 韧性剪切带型金矿成矿模式[J]. 地质论评, 1999, 45(2): 186-192.
- [12] 杜金锐. 四川梭罗沟金矿床地质特征与成因初探[D]. 成都:成都理工大学, 2012.
- [13] 邹伟静,袁万明,李娜. 川西甘孜—理塘金矿带形成条件的矿物电子探针与裂变径迹研究[J]. 现代地质, 2011, 25(2): 261-270.
- [14] 张能德,曹亚文,廖远安,等. 四川甘孜—理塘裂谷带地质与成矿[M]. 北京:地质出版社, 1998, 60-87.
- [15] 燕旋,张静,袁万明. 川西甘孜—理塘结合带嘎拉金矿床同位素特征及成矿作用研究[J]. 岩石学报, 2013, 29(4): 1347-1357.
- [16] 张珂,王庆飞,张静,等. 川西甘孜—理塘缝合带阿加隆洼金矿床地质特征及成因探讨[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 691-701.
- [17] 夏廷高. 四川省甘孜—理塘金矿成矿带成矿模式与开发模式研究[D]. 成都理工大学, 2006.
- [18] 李娜. 甘孜—新龙一带金矿地质与成矿模式[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2011年.

## Geological characteristics and ore control factors in Rinai gold deposit in Litang county, Sichuan province

LI Liang, LIANG Qingling

(Exploration Team 606 of Sichuan Metallurgical & Geological Exploration Bureau, Chengdu 611730, China)

**Abstract:** Rinai Au deposit is located in the south section of Ganzi-Litang ophiolite belt. In the study area Mesozoic tectonism and magmatism is strong with the upper and lower ophiolite suit developed. The Au deposit occurs at the upper one and the mineralization zone at fractural zone between fault  $F_6$  and  $F_7$  which are sub-faults of the regional fault. In scope of mineralization meso-epithermal alteration is developed and occur three mineralization zones. Ore bodies occur as veins, 520~1 120 m long, 5.18~6.97 m wide dipping to NW at angle  $40^\circ \sim 75^\circ$ . Grade of the ore is  $1.89 \times 10^{-6} \sim 3.77 \times 10^{-6}$ . Pyrite and arsenopyrite are the ore minerals. Based on geological characteristics and ore-control factors the deposit is a Late Yanshanian tectonism-magmatism-related hydrothermal fluid metasomatic filling Au deposit and the ore control factors point out.

**Key Words:** Rinai gold deposit; hydrothermal Au deposit; Litang ophiolite belt; genesis of the ore deposit; ore control factors; Sichuan province