

四川丹巴燕子沟金矿床地质特征及控矿因素初探

侯林,汪雄武,彭惠娟

成都理工大学,四川 成都 610059

摘要:燕子沟金矿床位于四川甘孜州丹巴县,永西穹隆核部。矿体主要呈透镜状、似层状赋存于泥盆系危关群浅变质黑色岩系中。矿体的形成与含金石英粗脉和细石英网脉有关,且受断裂控制明显。NNW向牦牛河断裂和EW向磨子沟断裂以及与之相配套的小断裂共同构成的“米”字型构造为成矿流体提供了良好的运移和储存空间。另外,岩浆、变质作用也对成矿起了重要的控矿作用。

关键词:燕子沟金矿;穆龙套金矿;“米”字型构造;地质特征;丹巴;川西地区

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-2518(2009)06-0023-06

1 区域地质概况

川西地区是我国重要的金矿成矿区^[1],以三叠系黑色岩系中分布最多、最广^[2],是前人探索该地区金矿的重点岩层。丹巴几个穹隆出露的泥盆系危关群第四岩组碳质千枚岩中也赋存石英脉型金矿床(如美河金矿、永西金矿),长期以来把石英脉型金矿作为找金重点,而忽略了对似层状金矿的探索。产于中浅变质碎屑岩系中的地下水或变质热液型金矿^[1]与穆龙套型金矿十分相似,黑色岩系作为地球化学障对金的富集和沉淀起了重要的作用^[3,4]。

丹巴燕子沟金矿位于被称为“中国地质百慕大”的松潘—甘孜造山带的东缘,区域地层分区属巴颜喀拉地层区、马尔康小区,区内出露地层有震旦系、志留系、泥盆系、二叠系、三叠系和第四系等^[5]。最显著的构造特征是穹隆发育^[6],如公差穹隆、永西穹隆等。矿区位于永西穹隆核部铜炉房背斜西侧,穹隆周围发育NW、NE及近EW向延伸的3组断裂,受多期构造作用,早期形成的NW向断层被EW、NE向断层切割。NW向主要为东谷断层(F₁₀)、泥冲沟断层(F₁₄)等;EW向主要为两河口断层(F₁₂)等;NE向主要为牦牛沟断层(F₁₃)。它们在宏观上控制着成矿带的形成、演化和时空分布(图1)。

2 矿床地质特征

矿区主要分布2种类型金矿:含金石英脉型(I-III

号矿体)和具密集石英网脉和大量黄铁矿的碳质板岩型似层状金矿(IV-V号矿体)(图2)。它们在构造成因上联系紧密。

含金石英脉型金矿体产于泥盆系危关群绢英岩或绿片岩中,受EW和NE、NW向断层控制,脉体倾向均

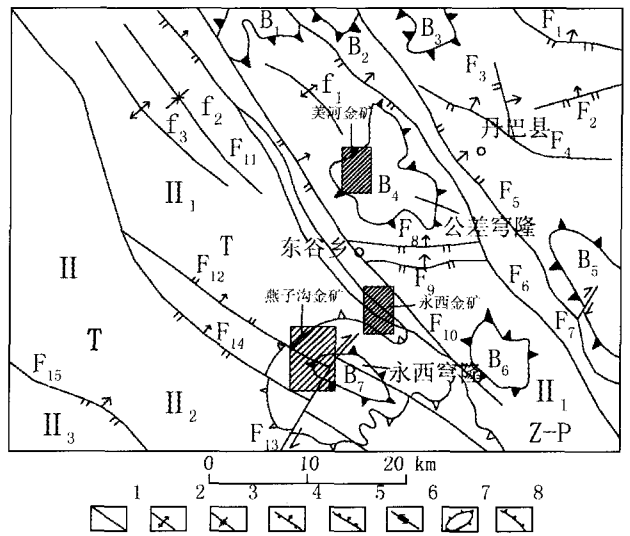


图1 区域构造纲要图^[5]

T-三叠系;Z-P-震旦—二叠系;II-丹巴滑脱—逆冲深部叠置构造岩片;f₁-格亚沟背斜;f₂-斯达纳向斜;f₃-斯格翁错背斜;F₁-根巴沟断层;F₂-卡垭沟断层;F₃-日波断层;F₄-中路断层;F₅-大马断层;F₆-柯尔金断层;F₇-季家河坝断层;F₈-井备断层;F₉-世亚断层;F₁₀-东谷断层;F₁₁-五号闸断层;F₁₂-两河口断层;F₁₃-牦牛沟断层;F₁₄-泥冲沟断层;F₁₅-道孚—康定断裂;B₁-青杠林穹隆;B₂-妥皮穹隆;B₃-巴旺穹隆;B₄-公差穹隆;B₅-格宗穹隆;B₆-杨柳坪穹隆;B₇-永西穹隆;1. 构造单元分界断裂;2. 背斜;3. 向斜;4. 逆断层;5. 正断层;6. 平移断层;7. 穹隆构造;8. 滑脱断层

收稿日期:2009-05-07;修订日期:2009-05-31.

基金项目:国家科技支撑计划项目(编号:2006BAB01A01)、青藏专项(编号:1212010818089)联合资助。

作者简介:侯林(1985-),男,天津人,硕士研究生,主要从事岩石学、矿物学、矿床学研究工作。E-mail:175928855@qq.com

较陡,但矿脉的倾向和矿体宽度变化较大,宽大处呈囊状。矿石构造以脉状、角砾状、糜棱状为主,氧化矿石呈蜂窝孔状构造。其主要的矿石矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金等,以黄铁矿为主。黄铁矿颗粒以立方体为主,其次为四角三八面体和五角十二面体,粒径较大(1~3 mm)。围岩蚀变主要有硅化、黄铁绢英岩化、青磐岩化、褐铁矿化。此类矿体多产于断裂破碎带、裂隙发育的部位,说明其形成与构造运动关系密切。

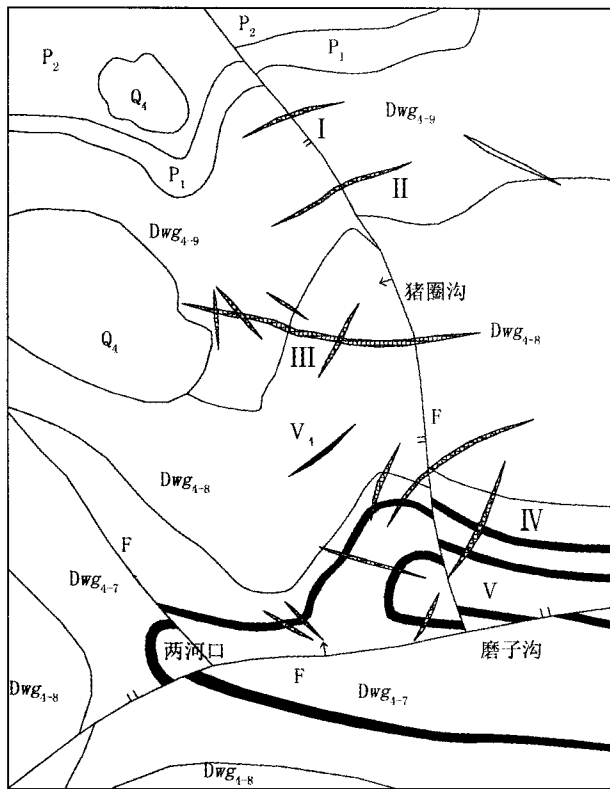


图2 丹巴燕子沟矿区磨子沟矿段地质图

Q₄-第四系松散堆积物;P₂-上二叠统玄武岩段:玄武岩夹板岩及灰岩;P₁-下二叠统:结晶灰岩、绿片岩;Dwg_{4.9}-泥盆系危关群第四岩组第九层:绢云母石英片岩夹绿片岩;Dwg_{4.8}-泥盆系危关群第四岩组第八层:绢云母石英千枚岩;Dwg_{4.7}-泥盆系危关群第四岩组第七层:碳质板岩夹千枚岩和灰岩;1. 断层;2. 超基性侵入岩;3. 石英脉;4. 石英脉型金矿体;5. 碳质板岩型似层状金矿体;6. 地层界线

碳质板岩型金矿体呈似层状,其延伸长、宽度大。围岩岩性为泥盆系危关群灰黑色碳质千枚岩及板岩。矿体内部有多个NW-SE向的石英脉体穿插,呈雁列状排列。靠近脉体的似层状矿体变大、变宽,矿石矿物含量增多。岩层因受挤压或滑脱作用形成大量小褶皱,

内有一系列细小石英脉顺层展布。矿石构造为网脉状、条带状、纹层状、浸染状、蜂窝孔状,氧化后矿石呈蜂窝孔状构造。主要的矿石矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金等,以黄铁矿和黄铜矿为主。黄铁矿主要以四角三八面体和五角十二面体的形式存在,粒径较小(0.1~2 mm),其中发现生物结构,并在其间发现自然金(银)等金银系列矿物,其与石英、碳酸盐类脉石矿物共生。黄铁矿的黄色有2种:一种较深,一种较浅,这可能与其中的微量元素含量高低有关,不排除其中以类质同象为赋存状态的自然金存在。黄铜矿在此类矿石中含量较高,并且与黝(银)铜矿、黄锡矿及金银矿物共生。通过对基本分析结果中各元素相关性的研究,发现矿石中黄铜矿含量高,则金矿化好。围岩蚀变主要有硅化、黄铁绢英岩化、黄铁矿化、绢英岩化、褐铁矿化、高岭土化等。具体分布情况见表1。

3 控矿因素

3.1 控矿地层

矿区主要的控矿地层是泥盆系危关群第四岩组第七层^[7],由一套碳质千枚岩夹板岩及少量碳酸岩、硅质岩及变粒岩组成,地层内发育大量小褶皱,这些褶皱的形成晚于石英脉,由于新石英大脉并没褶皱,因此褶皱是印支期变质作用后形成的,是弯流褶皱作用的结果。

碳质岩层作为金的地球化学障,还原能力及总体不透水性导致成矿物质沉淀,而沿层间发生侧向滑动,并使成矿流体络合物中的金还原成单质金,呈原子、吸附离子赋存于黄铁矿、黄铜矿裂隙中(图3)。

3.2 控矿构造

(1)穹隆。永西穹隆核部呈近EW向的椭圆状、受后期构造叠加,构造变形强烈,为不规则浑圆状。核部出露泥盆系危关群第四岩组第七层,岩性为灰黑色碳质千枚岩夹板岩,岩层产状比较平缓,向四周倾斜,倾角一般为18~30°,核部轴线近EW向展布。由核部向四周倾角(25~47°)由缓变陡。在核部泥盆系危关群中发育顺层平卧褶曲及近于直立的张扭性裂隙,并见有后期含金石英脉沿节理充填。石英脉与围岩的接触处常见有构造角砾岩。在次级断层面上见2组拉伸线理(石英矿物拉伸定向排列),早期产状为170°∠7°、晚期272°∠17°。此外,穹隆核部还发育4组方向的剪切节理:210°∠70°、165°∠70°;40°∠52°、110°∠84°。从其配套的情况来看,前2组是近SN向构造挤压作用的产物,后2组是近EW向压缩的结果(图4)。

表1 矿体地质特征

矿体编号	形态特征			矿物组合					围岩			
	产状	长度/m	厚度/m	形态	矿石类型	矿石矿物	脉石矿物	矿石结构	矿石构造	地层	岩性	围岩蚀变
I	切层陡倾	155	1~2	脉状	含金石英脉型	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	石英、方解石、粘土矿物	自形一半自形、他形粒状,交代结构	脉状、块状、角砾状、蜂窝孔状	Dwg _{4.9}	绢云母石英千枚岩夹绿片岩	硅化、黄铁绢英岩化、褐铁矿化、高岭土化
II	切层陡倾	222	2~6	脉状	含金石英脉型	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	石英、方解石、粘土矿物	自形一半自形、他形粒状,交代结构	脉状、块状、角砾状、蜂窝孔状	Dwg _{4.9}	绢云母石英千枚岩夹绿片岩	硅化、黄铁绢英岩化、褐铁矿化、高岭土化
III	切层陡倾	483	2~10	脉状	含金石英脉型	黄铁矿、黄铜矿、铜兰、自然金	石英、方解石、粘土矿物	自形一半自形、他形粒状,交代结构	脉状、块状、角砾状、蜂窝孔状	Dwg _{4.8}	绢云母石英千枚岩	硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、高岭土化
IV	顺层缓倾	518	20~30	似层状	碳质板岩型	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金	石英、方解石、粘土矿物	自形一半自形、他形粒状,交代,碎裂变形,生物结构	脉状、块状、角砾状、蜂窝孔状	Dwg _{4.7}	碳质千枚岩及板岩	硅化、黄铁绢英岩化、黄铁矿化、绢英岩化、褐铁矿化、高岭土化
V	顺层缓倾	918	20~40	似层状	碳质板岩型	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金	石英、方解石、粘土矿物	自形一半自形、他形粒状,交代,碎裂变形,生物结构	条带状、纹层状、网脉状、浸染状、蜂窝孔状	Dwg _{4.7}	碳质千枚岩及板岩	硅化、黄铁绢英岩化、黄铁矿化、绢英岩化、褐铁矿化、高岭土化

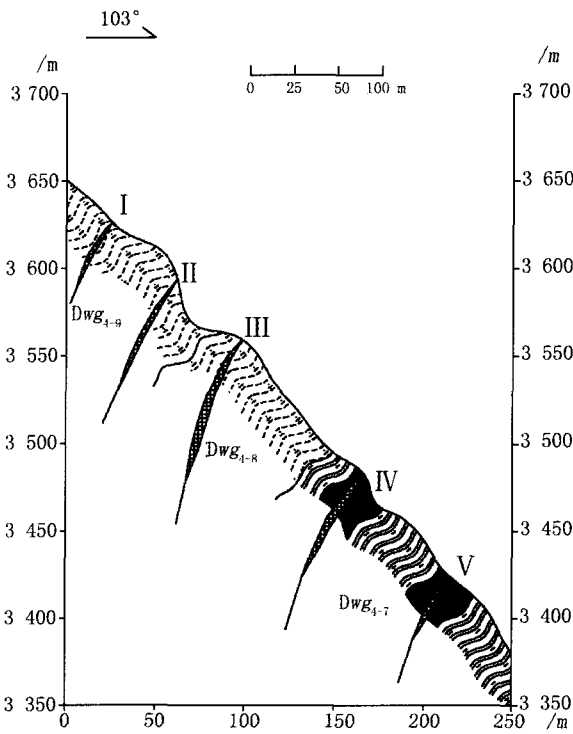


图3 赋矿层位实测剖面

Dwg_{4.9}-泥盆系危岩群第四岩组第九层:绢云母石英片岩夹绿片岩;
 Dwg_{4.8}-泥盆系危岩群第四岩组第八层:绢云母石英千枚岩;
 Dwg_{4.7}-泥盆系危岩群第四岩组第七层:碳质板岩夹千枚岩和灰岩

由此说明,该穹隆是双向收缩的产物。早期为SN向的挤压,晚期为近EW向的压缩。由于受后期构造作用叠加,在该穹隆南北侧边部形成一系列轴线延伸

近SN向的裙边式褶皱^[8-9]。

按照一般元素富集规律分析,铅、锌的成矿温度低于铜,正常情况下应该在比铜更高的标高富集。然而通过总结元素富集规律发现,不同期次、含各种元素的矿脉均集中于穹隆核部碳质岩层。这从侧面说明成矿期整个穹隆处于抬升状态:前一期次热液通过此处,铜元素富集后,地壳抬升,与矿源距离变远;当后一期次热液通过时,温度已低至铅、锌元素的成矿温度,因而铅、锌也析出于本层,造成了不同期次、含各种元素的矿脉均出现于碳质层的局面。

(2) 断裂。矿区及其附近分布的与成矿关系密切的断裂主要有NW、NE及EW向3组。NW向主要为东谷、泥冲沟断层等;NE向主要为牦牛沟、猪圈沟断层;EW向主要为两河口、磨子沟断层等。由于受多期构造作用,早期形成的NW向断层被EW、NE向断层切割。断裂受地层及剪切高应变带里德R型剪切裂隙控制,为同一应力场作用下的产物。断裂规模较大,长数百米,宽5~10m,最宽可达十余米,倾角51~85°。内部结构相似,岩性为碎裂岩化角砾岩及石英脉,在宏观上控制着成矿带的形成、演化和时空分布,是主要的控矿和导矿构造^[10]。

(3) 顺层破碎带。在重力滑脱作用下,区内顺层破碎带发育,以韧性变形为主。韧性剪切带多发生于较塑性的泥盆系危岩群顶部第八层和第七层千枚岩、板

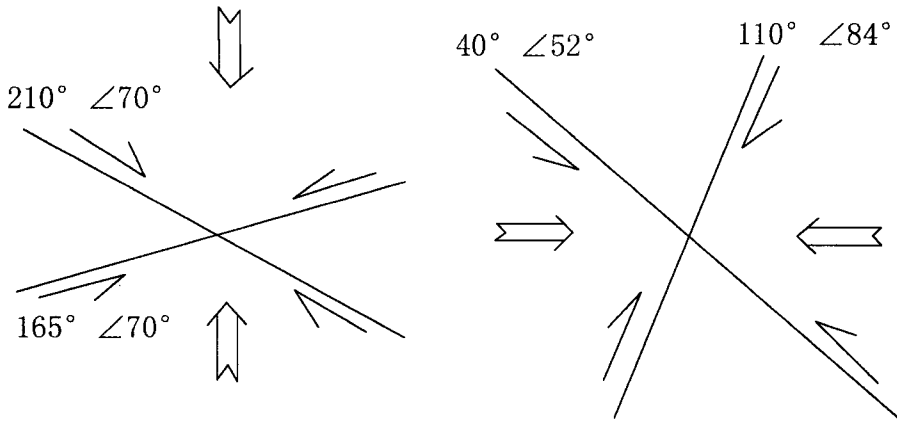


图4 永西穹隆解理配套应力分析

岩及薄层状灰岩之中,沿走向延伸不太稳定,受岩性控制明显。表现为狭窄的强应变线性地带,无明显的边界,韧性变形强烈,片理(劈理)化发育,多见石英脉沿劈理面产出。剪切带内岩石拖拉褶皱、平卧小褶皱、强干性脉体小褶皱及布丁等构造发育,局部见构造糜棱岩。矿区内主要具顺层初—脆性碎裂带特征。赋存于这些构造的石英脉和构造糜棱岩中,黄铁矿、黄铜矿含金。其中少量黄铁矿为

立方体,具压力影,显示出泥盆系危关群曾遭受强烈的挤压剪切作用。

(4)节理。区内节理相当发育,经实测发现:剪性节理倾向主要有 210° 、 165° 、 40° 、 110° 4个方向,倾角 $20\sim 50^{\circ}$ 。节理面平直,延伸较稳定,密度 $2\sim 3$ 条/m。张性节理方向较多,但经综合分析发现,主要呈环状沿穹隆生长,倾角 $50\sim 80^{\circ}$,节理面多不平整,呈波状延伸,密度 1.5 条/m(图5)。

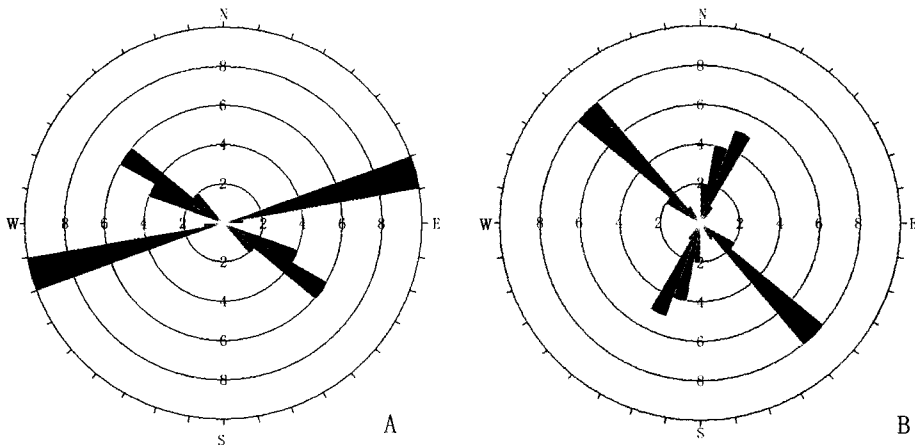


图5 矿区剪节理玫瑰花图
A-近SN向挤压力形成;B-近EW向压缩力形成

通过分析节理玫瑰花图,从其配套的情况来看,研究区节理的形成可以分为2个期次:印支晚期的挤压作用前期为SN向,产生走向近EW的2组剪解理,为穹隆形成期产物,与成矿关系不大;后期挤压力变为近EW向,产生近SN向的2组剪解理和1组张解理。并最终使地层抬升,重力在滑动面方向的分解力增强,超过岩层塑性变形强度,从而产生一系列放射状的张性节理。

剪性节理和张性节理在成因、形成时代和性质上都有不同,因此它们与成矿的关系也不同。一般来说,本矿区含矿热液沿张节理形成的通道运移富集成矿的现象较多,石英脉型矿脉大多都是充填在由张性节理造成的断裂当中,是主要的容矿场所。

(5)构造对矿体的控制作用。研究区的构造格架以EW和NNW向断裂为主,并有NW、NE向与其配套,充分显示了构造控矿的层次性和规律性。NNW向

延伸的东谷和泥冲沟断层与NW向延伸的磨子沟和两河口断裂,对矿体起控制作用,是主要的导矿构造,局部容矿。容矿构造以NW、NE、NNE向的透镜状断裂为主,其中NW与NE向裂隙交叉切割,形成菱形格状的区块,裂隙的交叉点为良好的容矿空间,以SN向裂隙占优势。容矿空间主要发育在褶皱轴部虚脱的位置(图6),压扭性或张扭性断裂的交会处以及挤压剪切所形成的破裂构造如劈理、张裂脉等。

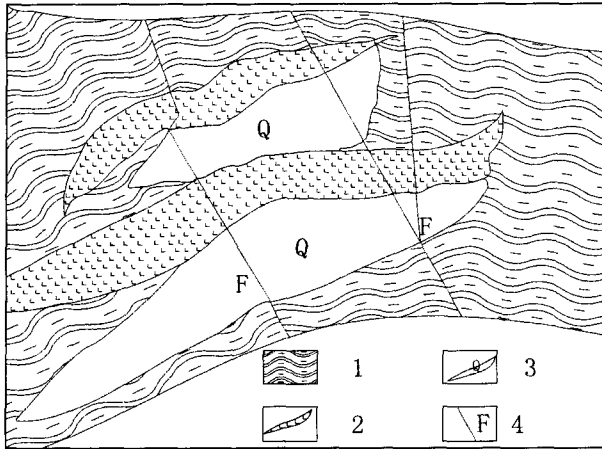


图6 矿区“背斜加一刀”控矿示意图
1. 围岩碳质板岩;2. 石英脉;3. 矿体 4. 断层

4 岩浆岩与成矿

岩浆岩在矿区主要呈脉状沿断裂带或层间裂隙及韧性剪切带分布,其走向一般与断层或石英脉体的走向一致。在变质岩分布区范围内仅见有小型岩株、岩枝及岩脉出露,未见与变质岩出露规模相匹配的大型岩基出露。在NW、NE走向的断层附近发现了一些超基型侵入岩,在这些发育脉岩的构造内,石英脉恰恰富金(图7),说明脉岩与成矿关系密切。

在不同岩石地层单位界面之间形成的顺层破碎带内,发育糜棱岩、构造片(麻)岩,强劈理化带。推测是由于碰撞挤压作用的进一步加强,导致地层构造拉伸与减薄,并使陆壳重熔形成的弱钙碱系列的岩浆侵入于泥盆纪地层。

矿区周边地区见有较多的岩浆期后热液成因的花岗伟晶岩脉、二长花岗岩脉及规模较大的石英脉出露,因此,可以推测在该地区存在尚未出露地表的中—大型岩基。这些岩基与成矿有着比较密切的关系,至少为含矿热液的运移提供了所需的热源。

此外,矿区内西北部出露大量的玄武岩。丹巴地区玄武岩是一套暗色岩建造^[4],连同与之伴生的含碳

质复理石碎屑岩、碳酸盐岩、含少量硅质条带的沉积变质岩系,应代表半深海的裂谷环境,属二叠系末期岩浆侵位而成,与矿化关系不大。

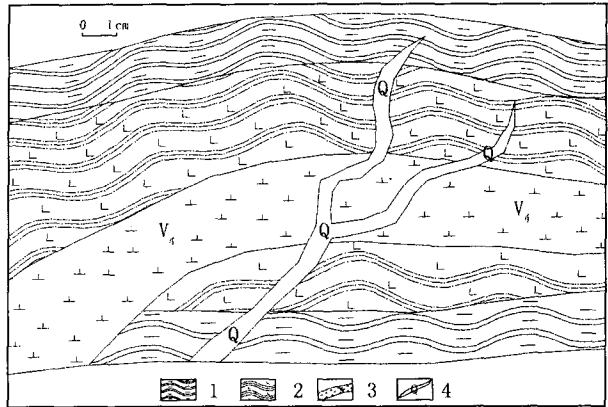


图7 石英脉切穿岩脉示意图
1. 围岩碳质板岩;2. 长英质变粒岩(有矿化);3. 辉绿岩脉;4. 含金石英脉

5 变质和围岩蚀变

矿区在区域上属于黑云母变质带^[11],同属丹巴深变质岩带。该带处在丹巴南北构造与金汤弧形构造(西翼)复合的强烈挤压扭动地带,强烈的造山运动和多期构造叠加形成的高温、高压和应力条件,则是变质作用形成的原因。据前人研究该区变质时代,变质矿物黑云母的年龄值为193 Ma,故认为区域变质形成时期应为印支末期,这与金汤弧和“甘孜—松潘”地槽褶皱系的形成基本为同一时期。印支晚期花岗岩的形成和变质作用的发生,可能与区域穹隆构造形成于同一时期,穹隆的成因为花岗岩浆的穿刺—气球膨胀侵位而成。

矿区岩石在靠近金矿体和石英脉处蚀变程度较高,类型多、分布广。金矿的形成与变质、蚀变作用关系密切,有的黄铁绢英岩化围岩本身就达到金矿的边界品位,被圈入矿体。

该区的变质、蚀变具有延续时间长、多期次的特点。区域变质叠加动力变质,而动力变质过程中仍然延续区域变质,各类变质提供了相关元素的活化条件;各类型蚀变叠加、混杂致使金矿逐步形成和富集,品位增高。说明该矿区变质作用、围岩蚀变对金矿形成起着非常重要的作用。

参考文献

- [1] 王小春. 川西地区金矿的类型与分布规律[J]. 地质与勘探, 2000, 36(1): 20-25.
- [2] 王小春. 川西地区金矿的分类体系和优势类型[J]. 黄金科

- 学技术,1998,6(5-6):24-28.
- [2] 李福春. 穆龙套金矿田地质特征[J]. 贵金属地质,1996,5(3):229-233.
- [3] 袁见齐,朱上庆. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1985:128-134.
- [4] 四川省地质调查院. 1:25万康定幅区域地质调查报告[R]. 成都:四川省地质调查院,2003.
- [5] 四川省地质矿产局区域地质队. 1:20万丹巴幅区域地质调查报告(地质部分)[R]. 成都:四川省地质矿产局区域地质队,1984.
- [6] 许志琴,杨经绥,姜枚,等. 大陆俯冲作用及青藏高原周缘造山带的崛起[J]. 地学前缘,1999,6(3):139-151.
- [7] 曾宜君,杨学俊,李云泉. 丹巴地区岩石地层层序—兼论造山带地层学研究的有关问题[J]. 四川地质学报,2001,2(1):6-12.
- [8] 王宗秀,许志琴,杨天南. 松潘—甘孜滑脱型山链变形构造演化模式[J]. 地质科学,1997,32(3):327-336.
- [9] 李己华,吴继承,周遗军. 湘中白马山—龙山金矿带穹隆控矿规律分析[J]. 黄金地质,2004,10(4):32-36.
- [10] 李元庆,王根厚,万永平. 川西丹巴美河石英脉型金矿控矿构造研究[J/OL]. 中国科技论文在线.
- [11] 赖兴运,程素华,陈军元. 中、低压变质作用与大陆造山—兼论四川丹巴的变质带[J]. 地学前缘,2003,4(10):327-339.
- [12] 周军,祁世军. 造山带金矿研究现状与存在的问题[J]. 地球科学与环境学报,2004,26(4):16-23.
- [13] 刘桂阁,王恩德,陈勇敢,等. 川西北壤塘成矿带遥感找矿模式及找矿方向[J]. 黄金科学技术,2008,16(4):9-13.

Preliminary Study on the Geological Characteristics and Ore-controlling Factors of Yanzigou Gold Deposit in Danba, Sichuan Province

HOU Lin, WANG Xiongwu, PENG Huijuan

Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China

Abstract: Yanzigou gold deposit is located in the middle of Yongxi form, in danba county, Sichuan province. The ore body occurs in epimetamorphic black shale series in Devonian Weiguan group, is lenticular and stratiform-like. The formation of ore body is related to gold-bearing stockwork quartz veins, and it is obviously controlled by fracture. The "X" type structure constituted by NNE striking Maoniuhe fault and EW striking Mozigou fault and other small faults provides great migration and storage space for the ore-forming fluid. In addition, magmatism and metamorphism play very important rules in mineralization.

Key words: Yanzigou gold deposit; Muruntau gold deposit; "X" type structure; Geological characteristics; Danba; Western Sichuan

亚洲最深的坑采铜矿

安徽铜陵有色金属集团公司冬瓜山铜矿有“两绝”:一是深度采矿,冶金矿山的开采深度一般都在-300~-400 m,冬瓜山铜矿的开采深度达1 200 m,是亚洲最深的坑采铜矿;二是无废开采,尾砂库和塌陷区是冶金矿山开采留下的两大治理难题,而冬瓜山铜矿采出的尾砂全部回填到采空区,消除了这两大隐患。

冬瓜山铜矿的前身是狮子山矿,1958年始建,开采深度为-400 m,因资源枯竭濒临关闭。2004年,在狮子山矿下部-690~-1 007 m处又发现了新矿体——冬瓜山。矿体长1 810 m、宽450 m、厚34 m,地质储量达 1×10^9 t,铜金属储量 1.05×10^6 t,占安徽省铜资源

量的40%。硫储量 1.801×10^6 t,还伴生有铁、金、银。

贵州水银洞发现深部盲矿体

据贵州省地矿局透露,105地质队近期在水银洞金矿外围簸箕田矿段地下1 300 m处发现了盲矿体,这标志着贵州省固体矿产勘查二度空间(1 000 m以下)找矿取得了重大突破。据了解,105地质队在簸箕田矿段施工的ZK45301钻孔,深度达1 411.08 m,为贵州最深的固体矿产探矿钻孔。

2009年,105地质队提交了雄黄岩矿段59~97线详查报告,探获金资源量13.8 t,潜在经济价值达23.7亿元。目前,该队正在开展的簸箕田矿段详查为2008年国家黄金勘查基金项目,有望探获金资源量30 t。