

吴建阳, 李光明, 周 清, 等. 藏南扎西康整装勘查区成矿体系初探[J]. 中国地质, 2015, 42(6): 1674–1683.

Wu Jianyang, Li Guangming, Zhou Qing, et al. A preliminary study of the metallogenic system in the Zhaxikang integrated exploration area, southern Tibet[J]. *Geology in China*, 2015, 42(6): 1674–1683(in Chinese with English abstract).

## 藏南扎西康整装勘查区成矿体系初探

吴建阳 李光明 周 清 董随亮 夏祥标 李应栩

(中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

**摘要:** 扎西康整装勘查区位于青藏高原北喜马拉雅成矿带的东段, 区内矿床(点)分布广泛, 最著名的是扎西康铅锌锑多金属矿床, 为藏南首个铅、锌、锑、银共生的大型矿床。整装勘查区内各矿床类型具有明显的空间分布规律, 围绕区内南侧的错那洞淡色花岗岩体呈环带状分布: 在岩体内部及其接触带主要发育高温的锡、稀有金属矿床, 岩体向外逐渐发育中温脉型铅锌锑多金属矿床, 远离岩体则主要出现中低温的金、锑矿床, 这与 1:20 万化探水系沉积物的元素异常分带性较为吻合。通过系统研究各类矿床地质特征及其时空分布规律, 表明该地区成矿作用与错那洞淡色花岗岩体具有密切关系, 晚期的近东西向伸展构造为本区的主要控矿构造。

**关键词:** 淡色花岗岩; 成矿体系; 扎西康; 藏南

中图分类号: P613 文献标志码: A 文章编号: 1000–3657(2015)06–1674–10

### A preliminary study of the metallogenic system in the Zhaxikang integrated exploration area, southern Tibet

WU Jian–yang, LI Guang–ming, ZHOU Qing, DONG Sui–liang, XIA Xiang–biao, LI Ying–xu

(Chengdu Center of Geological Survey, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The Zhaxikang integrated exploration area is located in the eastern part of the North Himalayan metallogenic belt, Tibet. The most famous deposit in this belt is the Zhaxikang polymetallic deposit, which is the first large Pb–Zn–Sb–Ag association deposit discovered in southern Tibet. Deposits and ore spots in the Zhaxikang ore district exhibit significant spatial distribution. They are all in or around the Cuonadong Granitoid Pluton (CGP), from the internal part to the edge. The Sn and rare metals deposits formed at high temperature are mainly found in the internal part of CGP and its contact zone with the sedimentary cover. The mesothermal vein type Pb–Zn deposits are in the fault zones of sedimentary cover away from the CGP. The meso–epithermal Sb–Au deposits are more distant from the GCP. The distribution of deposit types are almost the same as the ore–forming element anomaly zonation determined by regional geochemical exploration of stream sediments. Based on the systematic study of the geological setting and spatial and temporal distribution of these deposits in the Zhaxikang ore district, the authors have reached the conclusion that metallogeny in the Zhaxikang ore district is closely related to CGP, and ore–controlling structures in this ore district

收稿日期: 2015–02–13; 改回日期: 2015–04–24

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2011CB403105)、中国地质调查局项目(12120113036000、12120114050701、12120115022801)和中国地质调查局成都地质调查中心青年基金项目(所控基[2015]–04)联合资助。

作者简介: 吴建阳, 男, 1987 年生, 硕士, 助理工程师, 从事青藏高原矿产地质研究; E-mail: wujianyang0208@163.com。

通讯作者: 李光明, 男, 1965 年生, 博士, 研究员, 从事青藏高原区域地质与矿产地质研究; E-mail: li-guangming@163.com。

are mainly related to the E-W extension of the Tibetan Plateau.

**Key words:** granitoid pluton; metallogenic system; Zhaxikang; southern Tibet

**About the first author:** WU Jiang-yang, male, born in 1987, master, assistant engineer, engages in geology and mineral resources research in Tibet; E-mail: wujianyang0208@163.com.

**About the corresponding author:** LI Guang-ming, male, born in 1965, doctor, senior researcher, engages in regional geology and mineral resources research in Tibet; E-mail: li-guangming@163.com.

藏南拆离系内发育众多的锑、金矿床,代表性的矿床有沙拉岗锑矿床、马攸木金矿床、查拉普金矿床、马扎拉金锑矿床、扎西康铅锌锑多金属矿床等,构成了青藏高原南部最具特色的锑、金成矿带<sup>[1-2]</sup>,是研究青藏高原大陆隆升、碰撞造山与成矿作用耦合关系的理想地区,备受国内外学者关注<sup>[1-15]</sup>。因此中国地质调查局于2012年在位于藏南拆离系东部的扎西康地区设立第二批国家整装勘查区(面积约1800 km<sup>2</sup>),区内金属矿床(点)星罗棋布,矿床类型多样,发育有金锑矿床、锑矿床、铅锌锑多金属矿床、锡矿点以及稀有金属矿点等。这些矿床与藏南拆离系密切的空间关系以及蕴藏的巨大资源潜力引起众多学者的广泛关注,他们从不同的角度对单个典型矿床的地质特征、矿床成因、成矿机制及成矿模式等方面进行了深入的研究<sup>[16-23]</sup>,但对这些矿床之间的内在联系研究的还不够深入。笔者通过对上述矿床空间分布特征的研究,发现这些矿床成矿元素从南到北呈现明显的从高温到中温,再到中低温的规律性分布(图1)。然而,究竟是什么原因导致该地区这套矿床类型组合出现这种明显的规律性分布特征,且各类型矿床为什么如此密集分布呢?这都是整装勘查区面临的亟需解决的问题。因此,系统研究各类矿床地质特征及其时空分布规律,结合整装勘查区1:20万化探水系异常特征,探讨其成矿作用与构造-岩浆演化的关系,进而建立该区成矿体系,对探索扎西康整装勘查区地质找矿新机制,促进找矿勘查均具有重要意义。

## 1 成矿地质背景

扎西康整装勘查区位于青藏高原南部的北喜马拉雅成矿带东段,地处雅鲁藏布江缝合带(IYS)与藏南拆离系主拆离面(STDS)之间。

该区地层属康马—隆子和北喜马拉雅地层分区,以康马—隆子地层分区为主。地层时代以侏罗

纪地层为主,其次为三叠纪和白垩纪地层(图1),由老到新包括上三叠统涅如组( $T_3n$ )为一套浅灰色变质岩屑石英砂岩夹粉砂质板岩,板岩局部见薄层泥晶灰岩;下侏罗统日当组( $J_1r$ )为一套灰黑色含炭质板岩、深灰色粉砂质绢云板岩、粉砂岩夹少量浅灰色薄层状泥灰岩,局部见岩屑石英砂岩;中一下侏罗统陆热组( $J_{1-2}l$ )为深灰色中层状泥晶灰岩夹粉砂岩、粉砂质板岩,灰岩与板岩常呈互层状产出;中侏罗统遮拉组( $J_2z$ )上部为一套致密块状、杏仁状玄武岩、块状英安岩,底部为玄武岩、英安岩与变质粉砂岩、板岩成互层状;上侏罗统维美组( $J_3w$ )顶部为一套变质细粒石英砂岩、粉砂质板岩夹粉砂岩,底部为砾岩及含砾石英砂岩;上侏罗统一下白垩统桑秀组( $J_3K_1s$ )以岩屑石英砂岩,粉砂质绢云板岩为主;下白垩统甲不拉组( $K_1j$ )为长石石英砂岩、石英砂岩夹薄层状粉砂岩;下白垩统拉康组( $K_1l$ )以粉砂质绢云板岩、粉晶灰岩为主,二者主要呈互层状产出。

受印度板块向欧亚板块的持续挤压影响,该区构造变形强烈,主要发育一系列轴向近EW向的褶皱和断裂构造,如东部的将主拉复式向斜、西北部的藏不拉向斜以及西南部的洞嘎向斜等(图1);断裂构造主要表现为近SN向具走滑性质的正断层和近EW向逆冲断裂构造,如乌山口近SN向断裂、古堆—隆子NWW向断裂、甲坞EW向断裂、曲折木—觉拉EW向断裂、吉松NNW向断裂构造,但近EW向断裂构造早于近SN向。

扎西康整装勘查区南部出露的错那洞淡色花岗岩是该区的主要岩浆岩,受EW向构造控制,呈岩株状产出,出露面积约185 km<sup>2</sup>。该岩体具明显的分带性,从中央相、过渡相到边缘相,岩性分别为粗中粒白云母斜长花岗岩、中粒二云母斜长花岗岩、细粒黑云母斜长花岗岩,其矿物组合以斜长石为主,其次为白云母、黑云母、电气石、石榴子石等,局部可见结晶粗大的绿柱石等。根据前人研究成果表

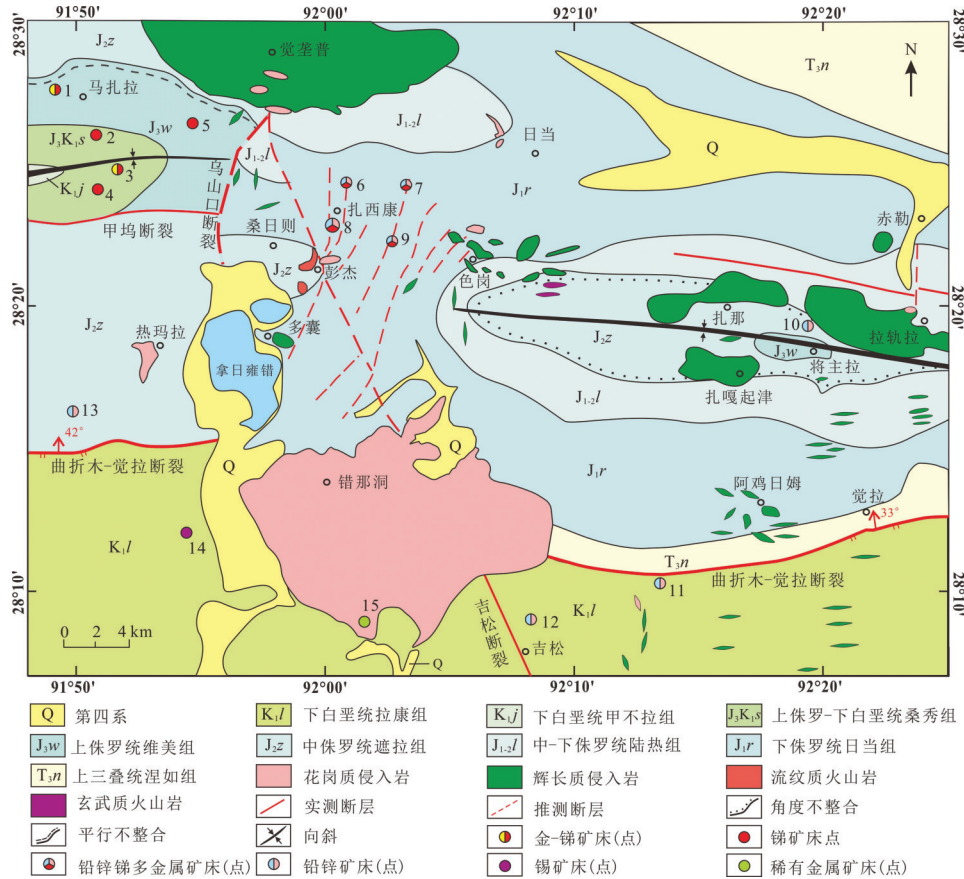


图1 扎西康整装勘查区地质矿产图(据报告①修改)

1—马扎拉金锑矿床; 2—塔嘎锑矿点; 3—泽日金锑矿床; 4—拉定锑矿点; 5—姜仓锑矿床; 6—索月铅锌锑多金属矿床; 7—柯月铅锌锑多金属矿床; 8—扎西康铅锌锑多金属矿床; 9—则当铅锌锑多金属矿床; 10—将主拉铅锌矿点; 11—浪章铅锌矿点; 12—吉松铅锌矿床; 13—拉木由塔铅锌矿点; 14—洞嘎锡矿点; 15—纳定稀有金属矿点

Fig. 1 Mineral resources map of the Zhaxikang integrated exploration area (modified after ①)

1—Mazhala gold-antimony deposit; 2—Taga antimony deposit; 3—Zeri gold-antimony deposit; 4—Lading antimony deposit; 5—Jiangcang antimony deposit; 6—Suoyue lead-zinc-antimony polymetallic deposit; 7—Keyue lead-zinc-antimony polymetallic deposit; 8—Zhaxikang lead-zinc-antimony polymetallic deposit; 9—Zedang lead-zinc-antimony polymetallic deposit; 10—Jiangzhula lead-zinc deposit; 11—Langzhang lead-zinc deposit; 12—Jisong lead-zinc deposit; 13—Lamuyouta lead-zinc deposit; 14—Dongga tin deposit; 15—Nading rare metal deposit

明该岩体为一套过铝质花岗岩<sup>[24-26]</sup>。此外在整装勘查区内还出露诸多辉绿玢岩和酸性岩浆岩岩脉, 这些岩脉主要为近EW走向, 其次为近SN走向。

## 2 主要矿床类型及其矿床地质特征

扎西康整装勘查区内矿种多样, 主要的矿床类型有Sn、稀有元素等高温矿床组合, 如洞嘎锡矿点、纳定稀有金属矿点; Pb、Zn、Sb等中温矿床组合, 如扎西康铅锌锑多金属矿床、柯月铅锌(锑)矿床、则当铅锌(锑)矿床、吉松铅锌矿床、拉木由塔铅锌矿床、将主拉铅锌矿点、浪章铅锌矿点等; Au、Sb等低温矿

床组合, 如马扎拉金锑矿床、泽日金锑矿床、姜仓锑矿床、塔嘎锑矿点、拉定锑矿点等。其主要矿床地质特征如下:

### 2.1 Sn、稀有元素等高温矿床组合

Sn、稀有元素等高温矿床组合主要发育于错那洞淡色花岗岩体接触带附近, 发现的矿点有洞嘎锡矿点和纳定稀有金属矿点。纳定稀有金属矿点主要产于淡色花岗岩体内接触带伟晶岩内, 伟晶岩主要发育粗粒片状白云母和粗粒自行-半自形斜长石, 以及长柱状电气石等, 另外在伟晶岩内还发育大量的石英-电气石脉。

①夏祥标, 董透亮, 周清, 等. 西藏山南扎西康铅锌矿整装勘查2012年度报告[R]. 成都: 成都地质调查中心, 2012.



### 2.2 Pb、Zn、Sb等中温矿床组合

Pb、Zn、Sb等中温矿床组合主要分布于离错那洞花岗岩体外围4~25 km范围内,最具典型的矿床为扎西康、柯月、索月、则当等铅锌锑多金属矿床,在其外围还发育一系列铅锌矿床(点)(图1)。

#### 2.2.1 扎西康铅锌锑多金属矿床

扎西康铅锌锑多金属矿床是藏南地区首个铅、锌、锑、银共生的大型矿床,现已控制Pb + Zn + Sb资源量约120万t。矿区出露地层主要为下侏罗统日当组(J<sub>1</sub>r)(图2-a),由下到上可分为5个岩性段:第一岩性段为黄褐色粗粒变石英砂岩;第二岩性段为灰黑色板岩;第三岩性段为灰绿色变石英砂岩;第四岩性段为灰黑色炭质板岩夹褐黄色变钙质砂岩及少量不连续分布的灰岩和凝灰岩;第五岩性段为灰绿色变石英砂岩与灰黑色板岩互层,并夹着少量的薄层状灰岩。其中第四岩性段为矿区的主要赋矿层位。

矿区内褶皱、断裂构造发育,褶皱主要为轴面NNE缓倾的紧闭同斜褶皱,断裂构造多为近SN向具走滑断裂性质,其次为NE向断裂构造。根据地质填图及地表工程揭露,目前共厘定16条断层,其中9条为控矿断裂构造,分别圈定出9条铅锌锑多

金属矿(化)体,其中I、II、III、IV、V、VI号矿体主要受近SN向断裂构造控制, VII、VIII、IX号矿体主要受NE向断裂构造控制,矿体主要呈脉状,透镜状产出(图2-a)。IV、V、VI号矿体为矿区的主要矿体,IV号矿体走向延伸500 m,垂向控制深度200 m;VI号矿体主要为氧化矿体,走向延伸800 m,垂向控制深度200 m;以V号矿体规模最大,工程控制程度最高,延走向延伸1200 m,倾向控制深度约800 m,在剖面上矿体产状由陡变缓处矿体明显变厚,具膨大狭缩,分支复合现象(图2-b),矿体平均品位Sb为0.98%,Pb为1.85%,Zn为3.11%,占矿区总资源量的80%以上。根据对IV、V号矿体控制的地表工程及坑道、钻孔的系统观察、对比研究发现,矿体矿石组分在空间上具有明显的分带性,由上至下主要表现为上部以辉锑矿、硫锑铅矿、辉锑铅矿为主;中部以锑铅的硫盐矿物及方铅矿为主,含少量闪锌矿;下部以方铅矿和闪锌矿为主;再往深部除方铅矿和闪锌矿外,还能见到大量黄铁矿及少量黄铜矿。成矿元素在垂向上的分带规律性为:上部以Sb元素为主,中部以Sb-Pb-Zn元素组合为主,下部以Pb-Zn元素组合为主,在深部以Pb-Zn-Cu元素组合为主,

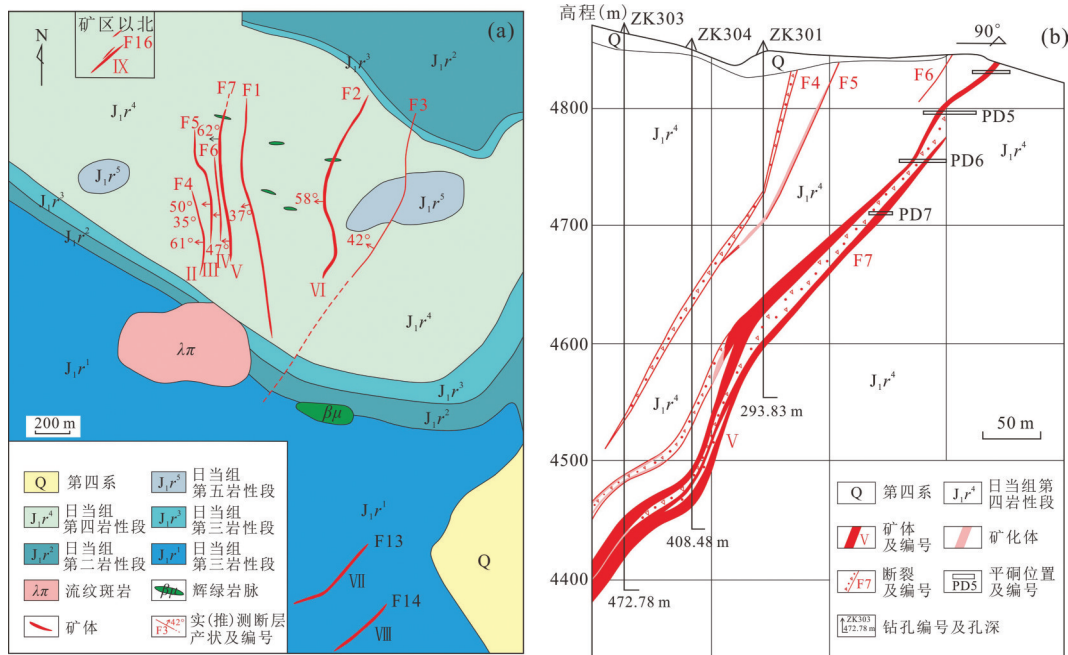


图2 扎西康矿区地质图(a)和扎西康3号勘探线V号矿体剖面图(b)(据文献[27]修编)  
Fig.2 Geological map of the Zhaxikang deposit (a) and its orebody V along No. 3 exploration line (b) (modified after reference [27])

由上向下锑元素逐渐减少, 锌元素含量增高, 并逐渐有铜元素的出现, 矿体表现出浅部为低温元素组合, 中部以中温元素组合为主, 深部出现中-高温元素组合的分带模式。

矿石构造主要为块状、浸染状、放射状、条带状、角砾状、脉状-网脉状构造等; 矿石结构主要为自形-半自形粒状结构、固溶体分离结构、充填结构、交代结构以及共结边结构等。矿石矿物较复杂, 主要有方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、硫锑铅矿、辉锑铅矿, 少量车轮矿、硫锑银矿、黄铜矿、银黝铜矿等; 脉石矿物主要有石英、方解石、黄铁矿、菱铁矿和少量菱锰矿等。

### 2.2.2 柯月铅锌(锑)多金属矿床

柯月铅锌(锑)多金属矿床位于扎西康铅锌锑多金属矿床的NE方向约5 km, 现正实施矿区详查。矿区出露地层主要为下侏罗统日当组( $J_1r$ )和中侏罗统遮拉组( $J_2z$ ), 日当组地层主要分布矿区西南角, 岩性主要为灰黑色的炭质板岩、页岩、钙质板岩、粉砂岩以及千枚状含白云石泥质微晶灰岩, 岩层产状总体向北倾斜, 倾角较缓, 为矿区的赋矿地层; 遮拉组地层主要为千枚岩, 含白云质、钙质、岩屑、石英粉砂岩夹蚀变中基性火山岩等。矿区内褶皱、断裂构造发育, 地层变形强烈, 褶皱主要表现为轴面北东缓倾的复式紧闭褶皱、平卧褶皱, 断裂构造主要为NNE走向具走滑性质的 $F_1$ 断层, 该断裂沿走向延伸约1.5 km, 为矿区的控矿构造。矿区内岩浆岩主要发育近顺层产出的中基性岩脉, 多遭受强烈蚀变。

$F_1$ 断层共圈定2条铅锌锑多金属矿体, 矿体总体走向 $15^\circ\sim 20^\circ$ , 倾向西偏北, 倾角 $60^\circ\sim 70^\circ$ , 局部较陡在 $70^\circ$ 以上, I号矿体沿走向延伸580 m, 矿体平均品位Sb为0.67%, Pb为1.21%, Zn为2.22%; II号矿体沿走向延伸420 m, 矿体平均品位Sb为0.96%, Pb为2.49%, Zn为1.01%。矿体形态较简单, 沿走向、倾向连续性较好, 延伸稳定, 局部具膨胀收缩、分支复合现象。

矿石构造主要有块状、条带状、浸染状、角砾状、脉状以及细脉状-网脉状构造等, 矿石结构主要有自形-半自形粒状结构、充填结构、包含结构以及交代结构等。矿石中矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、脆硫锑铅矿, 以及少量黄铜矿、银黝铜矿等; 脉石矿物主要有石英、方解石、黄铁矿、菱铁

矿和少量菱锰矿等。

### 2.3 Au、Sb等中低温矿床组合

Au、Sb等中温矿床组合主要分布于离错那洞花岗岩体NW方向25 km范围外, 最具典型的矿床为马扎拉金锑矿床、泽日金锑矿床、姜仓锑矿床、拉定锑矿点等(图1)。

马扎拉金锑矿床位于整装勘查区西北角。矿区含矿岩性主要为下侏罗统日当组( $J_1r$ )变余细砂岩、灰黑色板岩夹安山岩、灰岩和凝灰岩, 地层总体呈NWW—SEE向分布, 倾向NNE。受区域SN向挤压和EW向走滑断裂的影响, 矿区褶皱及断裂构造发育, 马扎拉复式背斜轴向近NW向, 向SE倾伏, 核部地段由于滑剪、拉张作用而产生节理、层间裂隙、虚脱空间及断层、揉皱等为区内金锑矿化重要的容矿构造之一; 矿区断裂构造除区域性EW向构造控矿外, NW向和近SN向小断裂也与成矿有密切关系。岩浆岩主要为闪长玢岩和辉绿岩脉, 多遭受强烈蚀变。

矿区矿脉数量众多, 单矿脉规模小, 从北往南可分为I、III、IV、V、VIII 5个矿群(图3), 由36条金锑矿(化)体组成, 以VIII号矿群矿体的规模相对较大, 金锑品位相对较高<sup>[28]</sup>。矿体呈脉状、透镜状和似层状, 沿走向或倾向分支复合、尖灭再现, 具成带分布、分段集中的规律性, 严格受EW向、NW向和近SN向断裂构造控制。围岩蚀变以硅化为主, 其次为绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化以及高岭石化等。矿石类型主要为石英(方解石)脉型和蚀变岩型矿石。矿石构造主要为团块状构造、脉状-网脉状构造、浸染状构造、细脉浸染状构造等; 矿石结构主要有自形粒状结构、半自形-他形粒状结构、溶蚀交代结构、充填结构、包含结构、聚片双晶结构等。矿石中金属矿物主要有黄铁矿、辉锑矿、自然金及毒砂等, 含少量方铅矿、白铁矿等; 非金属矿物主要为石英、方解石、绢云母、白云母、绿泥石等。金品位变化为 $2\times 10^{-6}\sim 18.6\times 10^{-6}$ , 最高可达 $800\times 10^{-6}$ , 锑品位变化为5%~70%<sup>[28]</sup>。

## 3 水系沉积物化探异常特征

根据收集到的1:20万措美县幅和隆子县幅水系沉积物测量数据, 对Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、Hg、W、Sn、Mo、Bi、Ti、Co、Ni、Mn等16个元素, 进行

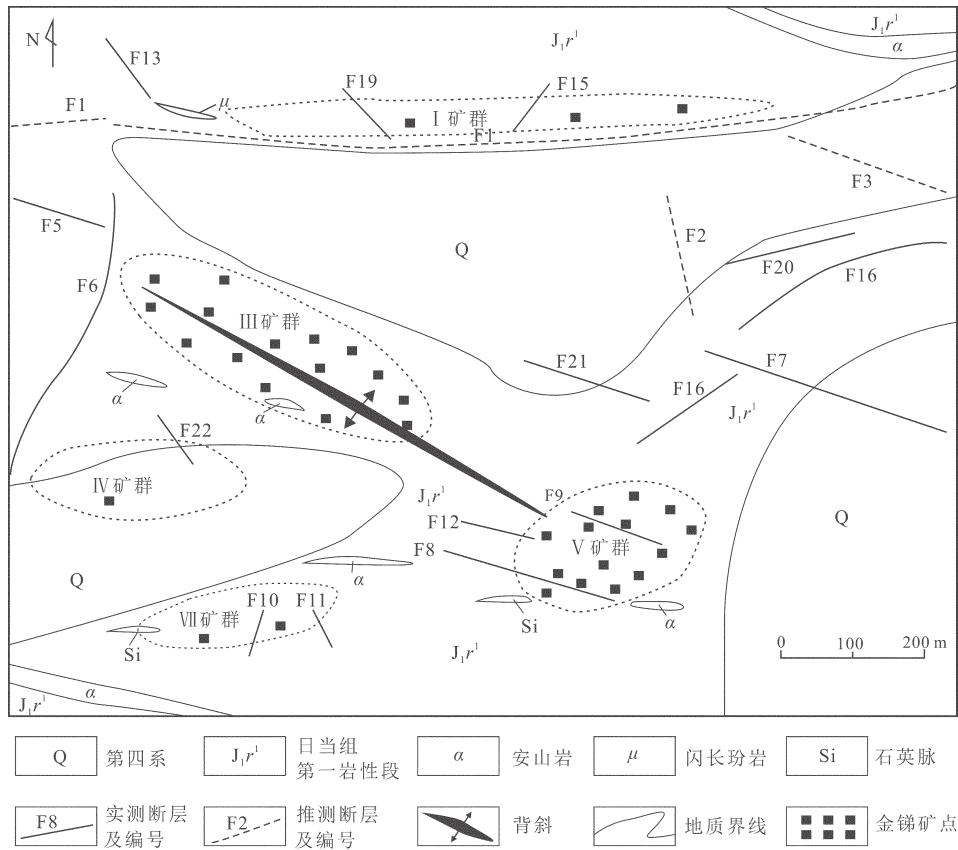


图3 马扎拉金锑矿床地质简图(据文献[28]修改)

Fig.3 Geological sketch map of the Mazhala Au-Sb deposit (modified after reference [28])

重新统计,对大于均值加3倍标准离差及小于均值减3倍标准离差的数据分别用均值加3倍标准离差及小于均值减3倍标准离差替代,作为高低值处理标准,逐一剔除,最终以均值加2倍的标准离差作为异常下限,部分元素异常分布特征如图4所示。

由图4不难发现,整装勘查区内各元素具不同规模的异常,其中Sb、Pb、W、Sn、Ag、As、Bi元素异常面积较大,异常元素含量较高,具3级浓度分布;Zn元素异常面积也较大,具1级浓度分带;Au、Hg元素亦具有面积性的异常;其他元素只具零星弱异常。且各元素异常分布在空间上具有明显的分带性,表现为围绕勘查区南部错那洞淡色花岗岩体出现明显的元素异常分带,在岩体内部及其接触带主要为W、Sn、Bi等高温元素组合,在岩体外围主要为Pb、Zn、Ag、Sb等中温元素组合,而远离岩体25 km则主要为Au、Sb、Ag、Hg、As等中低温元素组合。

### 3.1 W、Sn、Bi等高温元素异常组合

W2异常、Sn16异常、Bi24异常彼此套合较好

(图4-a),异常面积较大,异常元素含量高,具3级浓度分带,主要分布于错那洞淡色花岗岩体内部及西侧接触带,曲折木—觉拉断裂以南、吉松断裂以西,在断裂两侧亦有异常分布,主要出露拉康组(K<sub>1</sub>)地层。表明该套高温元素异常组合主要为错那洞花岗岩体引起,且在异常浓集范围内发现有纳定稀有金属矿点和洞嘎锡矿点。

### 3.2 Pb、Zn、Ag、Sb等中温元素异常组合

Sb48异常、Pb42异常北部、Zn67异常、Ag4异常彼此套合较好(图4-b),异常面积较大,异常元素含量高,Sb、Pb、Ag具3级浓度分带,Zn具1级浓度分带。该组异常组合主要分布在曲折木—觉拉断裂以北、乌山口断裂以东,错那洞淡色花岗岩体北部,出露地层主要为日当组(J<sub>1r</sub>)和陆热组(J<sub>1-2</sub>)地层。该异常组合带总体呈近SN向,可能与该段发育的近SN向控矿断裂密切相关。扎西康铅锌锑多金属矿床、柯月铅锌(锑)多金属矿床、则当铅锌(锑)多金属矿床、索月锑矿点以及青木竹铅锌矿点等典型



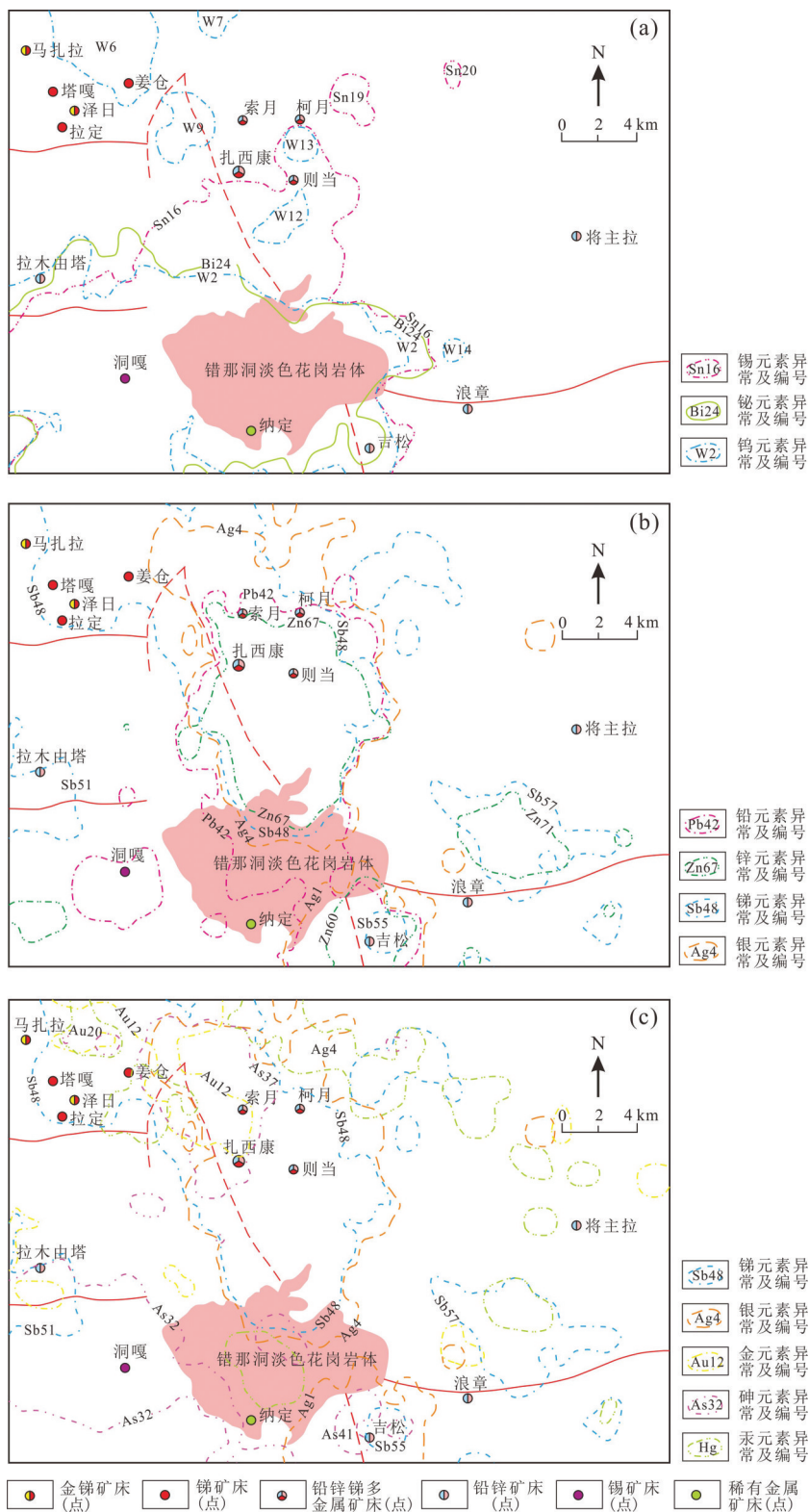


图4 西藏扎西康整装勘查区20万化探水系各元素异常分布图(a—Sn、Bi、W; b—Pb、Zn、Sb、Ag; c—Sb、Ag、Au、As、Hg)  
 Fig.4 1: 200000 geochemical anomaly distribution map of drainage sediments in the Zhaxikang integrated exploration area (a—Sn, Bi, W; b—Pb, Zn, Sb, Ag; c—Sb, Ag, Au, As, Hg)

矿床发育于该异常浓集范围内。

Sb55异常、Pb42异常、Zn60异常、Ag1异常彼此套合较好,具有一定的异常面积,异常元素含量较高,Ag具3级浓度分带,Sb、Pb具2级浓度分带,Zn具1级浓度分带。该组异常位于吉松断裂东侧,错那洞淡色花岗岩体南部,出露地层为拉康组(K<sub>1</sub>L)。在该组合异常带内主要发育吉松铅锌矿床。

综上,该套中温元素异常组合,异常套合紧密,规模及强度均较高,浓集中心明显,围绕错那洞淡色花岗岩体呈环带状分布,在异常带内均有相应矿床产出。

### 3.3 Au、Ag、Sb、Hg、As等中低温元素异常组合

整装勘查区西北角,Au12、Au20、Ag4、Sb48、As37以及Hg异常范围均有一定的套合性,组合异常主要分布于甲坞断裂以北,乌山口断裂北部附近,远离错那洞淡色花岗岩体25 km范围外(图4-c)。在异常带内发育大量的中低温矿床(点),如马扎拉金锑矿床,泽日金锑矿床,姜仓锑矿床等。另外在远离岩体东侧还零星分布有Au、Hg、Sb的弱异常。

## 4 成矿体系探讨

扎西康整装勘查区位于藏南拆离系内邛多江金、锑和银矿化集中区<sup>[1]</sup>,区内Pb、Zn、Sb多金属矿体主要受近SN—NNE向伸展断裂构造控制,成矿作用与古大陆板块碰撞和对接过程中所诱发的构造—岩浆热事件具有密切关系<sup>[1,29]</sup>。其矿床成因类型为构造—岩浆活动驱动地热系统流体循环形成的中低温热液脉状矿床<sup>[2]</sup>。张刚阳<sup>[30]</sup>获得错那洞淡色花岗岩体SHRIMP U—Pb年龄20.91 Ma,与藏南拆离系(STDS)活动时间24~12 Ma<sup>[7,31-32]</sup>一致,在印度板块向欧亚大陆板块碰撞俯冲的动力学背景下,中下地壳层次的高喜马拉雅和低喜马拉雅向南挤出,引起陆弧后的拉张伸展,形成北倾低角度的藏南拆离系(STDS)<sup>[33]</sup>,在此伸展构造剥蚀减压导致的地壳重熔,形成了喜马拉雅地区广泛分布的淡色花岗岩<sup>[3,34-35]</sup>。

笔者通过对错那洞淡色花岗岩体野外考察,在该岩体内部发现有黄铁矿、黄铜矿化,以及在岩体内发育的NNE向断裂破碎带内发现有孔雀石、方铅矿化等,在1:20万水系异常中,围绕岩体也出现明显的元素异常分带,从岩体内部及其接触带到岩体外围表现为W、Sn、Bi等高温元素→Pb、Zn、Ag、Sb

等中温元素→Au、Sb、Ag、Hg、As等中低温元素异常组合;这与整装勘查区内各矿床类型高温矿床→中温矿床→中低温矿床围绕该岩体呈环带状展布的空间分布规律较为吻合,这可能与错那洞淡色花岗岩体岩浆期后热液成矿作用密切相关。此外,扎西康铅锌锑多金属矿床成矿元素的分带性表现为矿体浅部主要以Sb为主的低温元素组合,中部为Pb、Zn的中温元素,深部逐渐出现Pb、Zn、Cu的中高温元素组合,表明扎西康矿床深部可能存在隐伏的成矿母岩体,这与西藏—两江河地区1:20万航磁异常解译的结果较为一致,说明该矿床深部的隐伏岩体可能就是错那洞淡色花岗岩体向北侧伏。

根据前人对该地区马扎拉金锑矿床、扎西康铅锌锑多金属矿床,以及外围查拉普金矿床、沙拉岗锑矿床等的石英ESR成矿年龄的研究,表明铅锌金锑矿床成矿时限在18 Ma左右<sup>[14,23,30]</sup>,这与错那洞淡色花岗岩体的成岩年龄20.91 Ma<sup>[30]</sup>相一致。特提斯喜马拉雅中新世以来,该地区经历了EW向伸展构造和近SN向伸展构造,且近SN走向伸展构造明显切割EW向藏南拆离系(STDS)<sup>[35]</sup>,二者发育时间相差2~3 Ma<sup>[7,12,31-32,36]</sup>。错那洞淡色花岗岩体出露面积约185 km<sup>2</sup>,岩体从内向外具有由粗粒到细粒良好的岩相分带性,岩体结晶冷却时间应该不下于2~3 Ma,说明该岩体的成因与EW向藏南拆离系(STDS)形成机制密切相关,并经历了晚期近东西向的伸展构造,在该构造机制下发育的近SN向及NNE向张性走滑断裂为成矿流体、热水的运移和沉淀提供了有利的空间。

## 5 结论

(1)整装勘查区内各矿床类型由高温矿床→中温矿床→中低温矿床围绕错那洞淡色花岗岩体呈环带状的空间分布规律,与区域1:20万化探水系异常元素分带较为吻合。

(2)错那洞淡色花岗岩体对该地区成矿作用是有贡献的,它经历了早期的近SN向伸展运动和晚期的近EW向伸展运动,后者为主要的控矿构造。

**致谢:**作者在野外工作期间得到了西藏华钰矿业股份有限公司刘敏院高级工程师、许剑高级工程师以及李晓霞工程师的大力支持,在此表示衷心感谢!同时,衷心感谢编辑部杨艳老师及审稿专家为本



文提出的宝贵意见!

### 参考文献(References):

- [1] 聂凤军, 胡朋, 江思宏, 等. 藏南地区金和锑矿床(点)类型及其时空分布特征[J]. 地质学报, 2005, 79(3): 373-385.  
Nie Fengjun, Hu Peng, Jiang Sihong, et al. Type and temporal-spatial distribution of gold and antimony deposits (prospects) in southern Tibet, China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79(3): 373-385(in Chinese with English abstract).
- [2] 杨竹森, 侯增谦, 高伟, 等. 藏南拆离系锑金成矿特征与成因模式[J]. 地质学报, 2006, 80(9): 1377-1391.  
Yang Zhusen, Hou Zengqian, Gao Wei, et al. Metallogenic characteristics and genetic model of antimony and gold deposits in south Tibetan detachment system[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(9): 1377-1391(in Chinese with English abstract).
- [3] 张进江. 北喜马拉雅及藏南伸展构造综述[J]. 地质通报, 2007, 26(6): 639-649.  
Zhang Jinjiang. A review on the extensional structures in the northern Himalaya and southern Tibet[J]. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26(6): 639-649(in Chinese with English abstract).
- [4] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 青藏高原与大陆动力学——地体拼合、碰撞造山及高原隆升的深部驱动力[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 221-238.  
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, et al. The Qinghai-Tibet plateau and continental dynamics: A review on terrain tectonics, collisional orogenesis, and processes and mechanisms for the rise of the plateau[J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 221-238(in Chinese with English abstract).
- [5] 侯增谦, 郑远川, 杨志明, 等. 大陆碰撞成矿作用: I. 冈底斯新生代斑岩成矿系统[J]. 矿床地质, 2012, 31(4): 647-670.  
Hou Zengqian, Zheng Yuanchuan, Yang Zhiming, et al. Metallogenesis of continental collision setting: Part I. Gangdese Cenozoic porphyry Cu-Mo systems in Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 2012, 31(4): 647-670(in Chinese with English abstract).
- [6] 侯增谦, 莫宣学, 杨志明, 等. 青藏高原碰撞造山带成矿作用: 构造背景、时空分布和主要类型[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 340-351.  
Hou Zengqian, Mo Xuanxue, Yang Zhiming, et al. Metallogenesis in the collisional orogen of the Qinghai-Tibet Plateau: Tectonic setting, temporal-spatial distribution and ore deposit types[J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 340-351(in Chinese with English abstract).
- [7] Searle M P, Godin L. The south Tibetan detachment and the Manaslu leucogranite: A structural reinterpretation and restoration of the Annapurna-Manaslu Himalaya, Nepal[J]. *Journal of Geology*, 2003, 111: 505-523.
- [8] 许志琴, 王勤, 曾令森, 等. 高喜马拉雅的三维挤出模式[J]. 中国地质, 2013, 40(3): 671-680.  
Xu Zhiqin, Wang Qing, Zeng Lingsen, et al. Three-dimensional extrusion model of the Great Himalaya slice[J]. *Geology in China*, 2013, 40(3): 671-680(in Chinese with English abstract).
- [9] Zhai W, Sun X M, Yi J Z, et al. Geology, geochemistry, and genesis of orogenic gold-antimony mineralization in the Himalayan orogen, south Tibet, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 2014, 58: 68-90.
- [10] 戚学祥, 许志琴, 史仁灯, 等. 高喜马拉雅普兰地区东西向韧性拆离作用及其构造意义[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 291-298.  
Qi Xuexiang, Xu Zhiqin, Shi Rendeng, et al. East-west-trending ductile detachment in the Burang area, Greater Himalaya, and its tectonic significance[J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 291-298 (in Chinese with English abstract).
- [11] Yang Z S, Hou Z Q, Meng X J, et al. Post-collisional Sb and Au mineralization related to the south Tibetan detachment system, Himalayan orogen[J]. *Ore Geology Reviews*, 2009, 36: 194-212.
- [12] Williams H, Turner S, Kelley S, et al. Age and composition of dikes in Southern Tibet: New constraints on the timing of east-west extension and its relationship to post collisional volcanism[J]. *Geology*, 2001, 29: 339-342.
- [13] 张刚阳, 郑有业, 张建芳, 等. 西藏沙拉岗锑矿控矿构造及成矿时代约束[J]. 岩石学报, 2011, 27(7): 2143-2149.  
Zhang Gangyang, Zheng Youye, Zhang Jianfang, et al. Ore-control structural and geochronologic constrain in Shalagang antimony deposit in southern Tibet, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(7): 2143-2149(in Chinese with English abstract).
- [14] 郑有业, 多吉, 马国桃, 等. 藏南查拉普岩金矿床特征、发现及时代约束[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2007, 32(2): 185-193.  
Zheng Youye, Duo Ji, Ma Guotao, et al. Mineralization characteristics, discovery and age restriction of Chalapu hardrock gold deposit, southern Tibet[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2007, 32(2): 185-193(in Chinese with English abstract).
- [15] 莫宣学. 青藏高原地质研究的回顾与展望[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 841-853.  
Mo Xuanxue. A review and prospect of geological researches on the Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Geology in China*, 2010, 37(4): 841-853(in Chinese with English abstract).
- [16] 杜泽忠, 顾雪祥, 李关清, 等. 藏南拉木由塔锑(金)矿床S、Pb同位素组成及指示意义[J]. 现在地质, 2011, 25(5): 853-860.  
Du Zezhong, Gu Xuexiang, Li Guanqing, et al. Sulfur, lead isotope composition characteristics and the relevant instructive significance of the Lamuyouta Sb (Au) deposit, south Tibet[J]. *Geoscience*, 2011, 25(5): 853-860(in Chinese with English abstract).
- [17] 孟祥金, 杨竹森, 戚学祥, 等. 藏南扎西康锑多金属矿硅-氧-氢同位素组成及其对成矿构造控制的响应[J]. 岩石学报, 2008, 24(7): 1649-1655.  
Meng Xiangjin, Yang Zhusen, Qi Xuexiang, et al. Silicon-oxygen-hydrogen isotopic compositions of Zhaxikang antimony polymetallic deposit in southern Tibet and its responses to the ore-controlling structure[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(7): 1649-1655(in Chinese with English abstract).
- [18] 张建芳, 郑有业, 张刚阳, 等. 北喜马拉雅扎西康铅锌锑银矿床成因的多元同位素制约[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2010, 35(6): 1000-1010.

- Zhang Jianfang, Zheng Youye, Zhang Gangyang, et al. Genesis of Zhaxikang Pb–Zn–Sb–Ag deposit in northern Himalaya: Constraints from multi–isotope geochemistry[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2010, 35(6): 1000–1010(in Chinese with English abstract).
- [19] 朱黎宽, 顾雪祥, 李关清, 等. 藏南扎西康铅锌锑多金属矿床流体包裹体研究及地质意义[J]. *现代地质*, 2012, 26(3): 453–463. Zhu Likuan, Gu Xuexiang, Li Guanqing, et al. Fluid inclusions in the Zhaxikang Pb–Zn–Sb polymetallic deposit, south Tibet, and its geological significance[J]. *Geoscience*, 2012, 26(3): 453–463 (in Chinese with English abstract).
- [20] 梁维, 侯增谦, 杨竹森, 等. 藏南扎西康大型铅锌银锑多金属矿床叠加改造成矿作用初探[J]. *岩石学报*, 2013, 29(11): 3828–3842. Liang Wei, Hou Zengqian, Yang Zhusen, et al. Remobilization and overprinting in the Zhaxikang Pb–Zn–Ag–Sb polymetal ore deposit, southern Tibet: Implications for its metallogenesis[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(11): 3828–3842(in Chinese with English abstract).
- [21] 梁维, 杨竹森, 郑远川. 藏南扎西康铅锌多金属矿绢云母 Ar–Ar 年龄及其成矿意义[J]. *地质学报*, 2015, 89(3): 560–568. Liang Wei, Yang Zhusen, Zheng Yuanchuan. The Zhaxikang Pb–Zn–Ag–Sb deposit: Ar–Ar age of sericite and its metallogenic significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2015, 89(3): 560–568(in Chinese with English abstract).
- [22] 莫儒伟, 孙晓明, 翟伟, 等. 藏南马扎拉金锑矿床成矿流体地球化学和成矿机制[J]. *岩石学报*, 2013, 29(4): 1427–1438. Mo Ruwei, Sun Xiaoming, Zhai Wei, et al. Ore–forming fluid geochemistry and metallogenic mechanism from Mazhala gold–antimony deposit in southern Tibet, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(4): 1427–1438(in Chinese with English abstract).
- [23] 张建芳. 北喜马拉雅扎西康铅锌银锑矿床成因研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2010: 1–86. Zhang Jianfang. The Genesis Study of Zhaxikang Lead Zinc Antimony Silver Deposit, North Himalayan[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2010: 1–86(in Chinese with English abstract).
- [24] 赖杨, 周清, 秦建华, 等. 藏南扎西康整装勘查区岩浆岩地质特征及研究意义[J]. *高校地质学报*, 2015, 21(1): 31–42. Lai Yang, Zhou Qing, Qin Jianhua, et al. Geological characteristics and research significance of igneous rocks in the integrated exploration area of Zhaxikang, south Tibet[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2015, 21(1): 31–42(in Chinese with English abstract).
- [25] 吴福元, 刘志超, 刘小驰, 等. 喜马拉雅淡色花岗岩[J]. *岩石学报*, 2015, 31(1): 1–36. Wu Fuyuan, Liu Zhichao, Liu Xiaochi, et al. Himalayan leucogranite: Petrogenesis and implications to orogenesis and plateau uplift[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2015, 31(1): 1–36(in Chinese with English abstract).
- [26] 张宏飞, Nigel Harris, Randall Parrish, 等. 北喜马拉雅淡色花岗岩地球化学: 区域对比、岩石成因及其构造意义[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2005, 30(3): 275–288. Zhang Hongfei, Nigel Harris, Randall Parrish, et al. Geochemistry of north Himalayan leucogranites: Regional comparison, petrogenesis and tectonic implications[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2005, 30(3): 275–288 (in Chinese with English abstract).
- [27] 郑有业, 刘敏院, 孙祥, 等. 西藏扎西康锑多金属矿床类型、发现过程及意义[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2012, 37(5): 1003–1014. Zheng Youye, Liu Minyuan, Sun Xiang, et al. Type, discovery process and significance of Zhaxikang antimony polymetallic ore deposit, Tibet[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2012, 37(5): 1003–1014(in Chinese with English abstract).
- [28] 王军, 张均. 西藏南部马扎拉金锑矿成矿特征及找矿方向[J]. *黄金地质*, 2001, 7(3): 15–20. Wang Jun, Zhang Jun. Metallogenic characters and prospecting direction of the Mazhala gold–antimony deposit, southern Tibet[J]. *Gold Geology*, 2001, 7(3): 15–20(in Chinese with English abstract).
- [29] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre–Mariam M, et al. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposits types[J]. *Ore Geology Review*, 1998, 13: 7–27.
- [30] 张刚阳. 藏南金锑多金属成矿带成矿模式与找矿前景研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2012: 137–152. Zhang Gangyang. Metallogenic Model and Prospecting Potential in Southern Tibet Au–Sb Polymetallic Belt[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2012: 137–152(in Chinese with English abstract).
- [31] Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan–Tibetan orogen[J]. *Earth Planet Science*, 2000, 28: 211–280.
- [32] Zhang J J, Guo L. Structure and geochronology of the southern Xainza–Dinggye rift and its relationship to the south Tibetan detachment system[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2007, 29: 722–736.
- [33] 陈智梁, 刘宇平. 藏南拆离系[J]. *特提斯地质*, 1996, 20: 31–51. Chen Zhiliang, Liu Yuping. The south Tibetan detachment system[J]. *Tethyan Geology*, 20: 31–51(in Chinese with English abstract).
- [34] Harris N, Massey J. Decompression and anatexis of Himalayan metapelites[J]. *Tectonics*, 1994, 13: 1537–1546.
- [35] 张进江, 丁林. 青藏高原东西向伸展及其地质意义[J]. *地质科学*, 2003, 38(2): 179–189. Zhang Jinjiang, Ding Lin. East–west extension in Tibetan plateau and its significance to tectonic evolution[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2003, 38(2): 179–189(in Chinese with English abstract).
- [36] 张进江, 丁林, 钟大赉, 等. 喜马拉雅平行于造山带伸展: 是垮塌的标志还是挤压隆升过程的产物?[J]. *科学通报*, 1999, 44(19): 2031–2036. Zhang Jinjiang, Ding Lin, Zhong Dalai, et al. Orogen–parallel extension in Himalaya: Is it the indicator of collapse or the product in process of compressive uplift?[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(19): 2031–2036(in Chinese).