

藏南地区金和锑矿床(点)类型及其时空分布特征

聂凤军¹⁾, 胡朋¹⁾, 江思宏¹⁾, 李振清¹⁾, 刘妍¹⁾, 周永章²⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 2) 中山大学地球科学系, 广州, 510275

内容提要: 本文首次对藏南地区金和锑矿床(点)地质特征、成因类型和空间分布特点进行了总结, 对金和锑成矿作用与中生代构造-岩浆活动的关系进行了论证, 对区域地壳演化过程中金和锑成矿动力学机制进行了讨论。该区的金和锑矿床(点)可按容矿围岩划分为: 变质岩为主要容矿围岩矿床(点), 包括金和金-锑矿床(点); 沉积岩为主要容矿围岩矿床(点), 包括金、锑、金-锑和锑多金属矿床(点); 火山岩为主要容矿围岩矿床(点), 以金-银矿床为代表。根据金和锑矿床(点)空间分布特点和地质特点, 将本区划分为4个矿化集中区: 拉昂错—马攸木—帕羊金矿化集中区(A), 然勒金和锑矿化集中区(B), 洛扎—措美锑矿化集中区(C)和邛多江金-锑矿化集中区(D)。各矿化集中区内大多数金和锑矿床(点)与燕山晚期—喜马拉雅早期富碱火成岩具密切时空分布关系, 它们是古板块对接碰撞期和碰撞期后大规模构造-岩浆活动的产物。近东西向挤压性和南北向张性断裂交汇部位以及富碱火成岩发育区是寻找金和锑矿床(点)的有利场所。

关键词: 金-锑矿床; 矿床类型; 时空分布; 成矿作用; 富碱火成岩; 藏南

藏南地区地处雅鲁藏布江缝合带与高喜马拉雅北坡之间, 属特提斯喜马拉雅构造域东段的组成部分(尹安, 2001)。受印度板块与欧亚大陆多期次碰撞对接影响, 区内各时代地层出露广泛, 构造形迹复杂, 岩浆岩发育和金属矿床(点)星罗棋布, 为青藏高原最具特色和最重要的金-锑成矿带(杜觉树等, 1993)。

该区系统的区域地质调查和找矿勘查工作始于20世纪60年代中晚期。迄今为止, 大部分地区的中小比例尺(1:50万和1:100万)区域地质调查和物化探测量工作已基本完成, 同时, 关键地区1:20万和1:5万区域地质填图和金属矿产调查评价工作亦获得重要进展(西藏地质矿产局, 1993)。通过上述诸多方面的工作, 先后在本区发现和圈定各类金和锑矿床(点)50余处。代表性金矿床有马攸木、哈翁、倒不拢和查拉普; 金-银矿床为娘姑处; 金-锑矿床有马扎拉、哲古错和古堆、乌拉堆和然巴; 锑矿床为萨拉岗、车穷卓布、勇日、壤拉和龙马; 锑多金属矿床为扎西康, 其中马攸木金矿床是近年来在西藏境内找到的规模最大的岩金矿床。

藏南做为一个重要的金和锑矿化集中区, 早已是公认的地质事实, 但是究竟是什么原因导致金和

锑矿床(点)如此密集分布, 仍然是一个亟待回答的问题, 因此, 认真总结已有金属矿床地质特征, 探讨它们的成矿物质来源, 并且查明其成矿作用与构造-岩浆活动的关系, 对提高本区金属矿床理论研究水平和促进隐伏矿床找矿勘查均具有重要意义。

1 成矿地质环境

特提斯喜马拉雅板片地处印度板块和雅鲁藏布江缝合带之间, 属青藏高原造山带的重要组成部分。该板片自北向南大体可划分为北喜马拉雅、高喜马拉雅、低喜马拉雅和亚喜马拉雅4个构造带, 各构造单元分别以藏南拆离系(STDs)、主中央逆冲断层(MCT)和主边界逆冲断层(MBT)为分界线(图1)(尹安, 2001)。考虑到北和高喜马拉雅构造带是特提斯喜马拉雅板片的主要组成部分, 同时又赋存有大量金和锑矿床(点), 其余两个构造带大部分地段位于境外, 所占面积较小和不具重要经济意义, 因此, 这里重点对前两个构造带进行简要描述。北喜马拉雅构造带主要由古生界和中生界沉积岩地层所构成, 其中以三叠系、侏罗系和白垩系泥砂岩、砂页岩、石英砂岩、碳质板岩和泥灰岩最为发育, 并且常常构成金、金-锑和锑矿床(点)的容矿围岩。另外, 在这

注: 本文为国家重点基础发展规划“973”项目(编号2002CB412606)资助的成果。

收稿日期: 2004-03-02; 改回日期: 2004-11-15; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 聂凤军, 男, 1956年生。研究员, 博士生导师, 从事金属矿床地球化学研究。通讯地址: 100037, 北京西城区百万庄大街26号; 电话: 010-68999042; Email: nfjj@mxc.gov.cn。

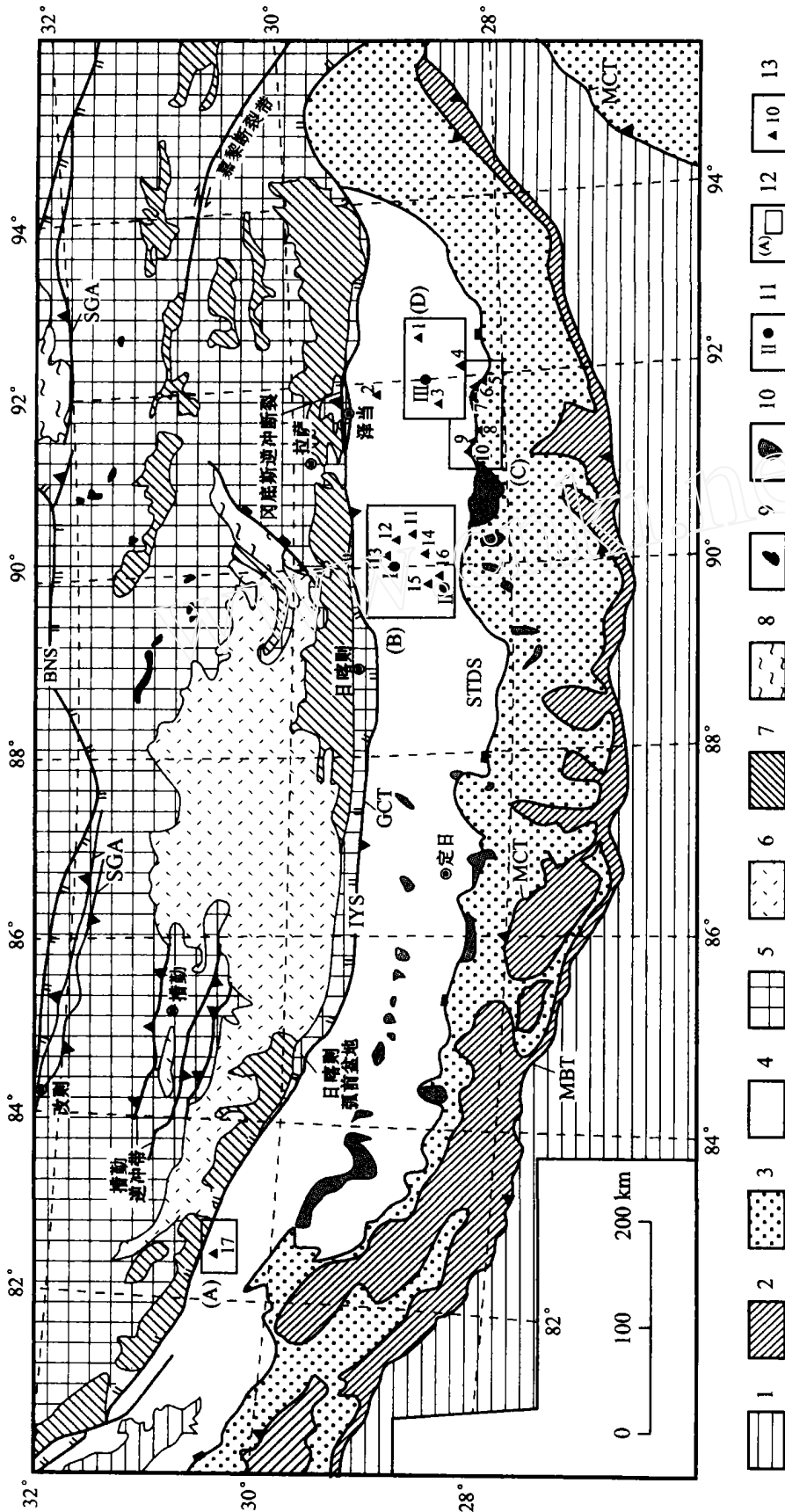


图 1 藏南地区主要金和锑矿床(点)区域地质简图(据尹安, 2001 修编)

Fig. 1 Simplified geological map of the southern Xizang (Tibet) showing the location of the major gold and antimony deposits and prospects(after Yin An, 2001)

1—山前盆地; 2—低喜马拉雅构造带(LHB); 3—高喜马拉雅构造带(HHB); 4—特提斯喜马拉雅构造带(THB); 5—拉萨地体; 6—拉萨地体内主要火山岩分布区; 7—拉萨地体内主要深成侵入岩; 8—拉萨地体内主要变质岩分布区; 9—蛇绿岩套; 10—藏南地区主要花岗岩类侵入岩分布区; 11—变质核杂岩中心位置及编号; 12—金、铜或金—铜矿床(点)及编号(见表 1)

BNS—班公—怒江缝合带; IYS—印度河—雅鲁藏布江缝合带; MBT—主边界逆冲断裂; MCT—主中央逆冲断裂; STDS—藏南折离系; SGA—狮泉河—改则—安多逆冲断裂系

表 1 藏南地区代表性金、金-锑和锑矿床(点)地质特征一览表

Table 1 Basic geological features of the representative gold, gold-antimony and antimony deposits (or prospects) in the southern Tibet

容矿围岩类型	矿种	矿床(点)名称	容矿围岩	侵入岩	矿体特征	金属矿物	脉石矿物	热液蚀变	金属/规模品位(平均值)	资料来源
变质岩为主要容矿围岩 金和锑矿床		1 马攸木金矿床(17)	方解石片岩、细晶灰岩、绢云绿泥石英片岩和石英片岩(Pt ₃)	黑云母二长花岗斑岩、辉绿岩和闪长玢岩墙或脉(Y ₃ -H ₁)	含金石英脉和构造蚀变岩(角砾岩)构成脉状、似层状和透镜体状矿体	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、辉锑矿、辰砂、自然金和银金矿	石英、绢云母、方解石、高岭石和硫华	绢云母化、硅化、碳酸盐化和泥化	Au/大 1.24~93.6g/t (29.33g/t)	
		2 然巴金-锑矿床(13)	片岩和糜棱岩(Pt ₃); 辉长岩和闪长岩(H)	辉石岩、辉绿岩和斜长花岗斑岩(H)	含金石英脉和蚀变岩构成透镜状或条带状矿体	黄铁矿、辉锑矿、磁铁矿和褐铁矿	石英、绢云母和绿泥石	硅化、绢云母化和绿泥石化	Sb/小 15%~50% (30%) Au/小 0.6~2g/t (1.3g/t)	
沉积岩为主要容矿围岩 金、金-锑和锑多金属矿床(点)	金矿床(点)	3 查拉普金矿床(1)	长石砂岩、含碳粉砂质板岩和长英砂岩(T ₃)	花岗岩、辉绿岩和闪长玢岩脉(H)	含金石英脉和蚀变岩构成脉状、条带状和透镜状矿体	黄铁矿、毒砂、自然金、银金矿和褐铁矿	石英、绢云母、方解石、和绿泥石	硅化、绢云母化和绿泥石化	Au/小 1.1~6.7g/t (3.5g/t)	
		4 哈翁金矿(11)	粉砂质板岩、绢云板岩、碳质板岩和干枚岩(T ₃)	闪长岩、闪长玢岩和云煌岩脉、墙或枝(H)	含金石英脉和构造蚀变构成透镜状、条带状和脉状矿体	黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、黝铜矿、锡石、自然金和银金矿	石英、绿泥石化、绢云母、方解石和黝帘石	硅化、绿泥石化和碳酸盐化	Au/小 0.8~2.7g/t (1.6g/t)	
		5 倒不陇金矿点(12)	绢云母板岩、粉砂质板岩和变细砂岩和灰岩(T ₃)	闪长岩、辉长岩和花岗斑岩(H)脉	含金石英脉和含金构造-蚀变岩构成透镜状矿体	黄铁矿、黄铜矿、自然金、褐铁矿和孔雀石	石英、绢云母、阳起石和伊利石	硅化、绢云母化、阳起石化和伊利石化	Au/矿点 0.5~3.6g/t (2.0g/t)	
		6 省那金矿点(14)	粉砂质板岩和含碳粉砂质板岩(T ₁₋₂)	辉绿岩、花岗岩和细晶岩脉(H)	含金石英脉构成透镜状和条带状矿体	黄铁矿、褐铁矿、自然金和金银矿	石英、绢云母和方解石	硅化、阳起石化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化	Au/小 2~11g/t (3g/t)	
	锑矿床(点)	7 壤拉锑矿床(8)	黑色页岩、钙质页岩、碳质板岩、硅质结核和泥灰岩(J ₁)	辉绿岩和闪长玢岩脉(H)	含锑石英或石英-方解石脉和蚀变岩构成条带状和透镜状矿体	辉锑矿、黄铁矿、辰砂和重晶石	石英、方解石	硅化、碳酸盐化和泥化	Sb/小 0.6%~38.7% (20.9%)	
		8 勇日锑矿床(9)	钙质砂岩、碳质板岩和粉砂岩、局部见有泥灰岩(J ₁₋₂)	辉绿岩、辉长岩和闪长玢岩脉(H)	含锑石英脉和团块状泉华构成脉状、条带状和透镜状矿体	辉锑矿、黄铁矿、毒砂、辰砂、锑华、孔雀石和褐铁矿	石英、方解石、玉髓	硅化和碳酸盐化	Sb/小 0.5%~18% (3.6%)	
		9 车穷卓布锑矿床(10)	砂页岩、板岩、砂岩、泥灰岩、局部见有安山质凝灰岩(J ₁₋₂)	辉绿岩和辉长岩脉(H)	含锑石英或石英-方解石脉和蚀变岩构成透镜状和条带状矿体	辉锑矿、黄铁矿、毒砂、辰砂、锑华、孔雀石和褐铁矿	石英、方解石	硅化、碳酸盐化和泥化	Sb/小 2.8%~34.4% (4.7%)	
		10 萨拉岗锑矿床(15)	粉砂质泥岩、含泥硅质岩、凝灰质砂岩和细砂岩(K ₁)	闪长岩、闪长玢岩和花岗斑岩脉或墙(H)	含锑石英脉、网脉和浸染状团块构成条带状、脉状和透镜状矿体	辉锑矿、黄铁矿、辰砂、雄黄和毒砂	石英、玉髓、长石、泥质和碳质	硅化、碳酸盐化、绿泥石化和高岭石化	Sb/中 20.2%~39.7% (28.5%)	

续表 1											
类型	容矿围岩	矿种	矿床(点)名称	容矿围岩	侵入岩	矿体特征	金属矿物	脉石矿物	热液蚀变	金属/规模品位(平均值)	资料来源
沉积岩为主要容矿围岩金、锑、金、锑和锑多金属矿床(点)	金-锑矿床(点)	金-锑矿床(点)	11. 哲古错金-锑矿床(3)	砂质页岩、粉砂岩和泥灰岩(T ₁ -J ₃)以及闪长岩(H)	辉绿岩、煌斑岩和闪长岩脉(H)	含矿石英英脉构成脉状、似层状或透镜状金-锑矿体	黄铁矿、辉锑矿、自然金和银银矿	石英、绢云母和方解石	硅化、绿泥石化和碳酸盐化	Sb/小, 37.6% ~ 55.7% (43.1%) Au/小, 0.3 ~ 7.2g/t (2.7g/t)	
			12. 泽日金-锑矿床(5)	泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质板岩和泥灰岩(J ₂)	辉绿岩、闪长岩和闪长玢岩脉(Y ₃ -H ₁)	含矿石英-方解石脉构成透镜状或脉状矿体	黄铁矿、白铁矿、辉锑矿、自然金和银金矿	石英、方解石、绿泥石和绢云母	硅化、碳酸盐化和高岭石化	Sb/小, 14% ~ 36% (22%) Au/小, 1 ~ 4.6g/t (2.6g/t)	
			13. 古堆金-锑矿床(6)	粉砂质板岩、砂板岩、长英砂岩和安山岩(J ₂)	辉绿岩、闪长玢岩和闪长岩脉或株(H)	含金-锑石英脉和细脉浸染状块体构成脉状和透镜状矿体。	黄铁矿、辉锑矿、自然金和银金矿	石英、方解石	硅化、碳酸盐化和绿泥石化	Sb/小, 19.9% ~ 44.1% (32.5%) Au/小, 0.1 ~ 1.6g/t (1.2g/t)	
			14. 马扎拉金-锑矿床(7)	钙质页岩、砂板岩、泥灰岩和泥硅质岩(J ₁₋₂)以及闪长玢岩(Y ₃ -H ₁)	辉绿岩、闪长岩和闪长玢岩墙或脉(Y ₃ -H ₁)	含矿石英-方解石脉和构造蚀变岩构成条带状、透镜状和似层状矿体	黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、辰砂、褐铁矿、辉锑矿、自然金和银金矿	石英、方解石、绢云母、绿泥石和绿帘石	硅化、绿泥石化、绢云母化和碳酸盐化	Sb/小, 5% ~ 70% , (35%) Au/小, 2 ~ 18.6g/t (3.8g/t)	
			15. 乌拉堆金-锑矿床(16)	砂岩、泥岩、页岩和灰岩, 局部见有火山碎屑岩(K ₂)	矿区内尚未发现侵入岩	含锑和金蚀变岩构成层状或似层状金和锑矿体	辉锑矿、黄铁矿、自然金、磁铁矿、方铅矿和褐铁矿	石英、方解石	硅化和碳酸盐化	Sb/小, 0.08% ~ 6.2% (2.0%) Au/小, 0.2 ~ 5.3g/t (2.4g/t)	
		锑、多金属矿床	16. 扎西康锑多金属矿床(4)	黑色页岩、变质砂岩、硅质结核和结晶灰岩, 局部见有玄武质火山岩层(J ₂)	辉绿岩和闪长玢岩脉(H)	含锑石英或石英-方解石脉和蚀变岩构成透镜状和条带状矿体	辉锑矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、毒砂、褐铁矿和孔雀石	石英、方解石、绢云母	硅化、碳酸盐化和绢云母化	Sb/小, 2.2% ~ 38.1% (5.6%) Pb/小, 1% ~ 2.3% (1.9%)	
火山岩为主要容矿围岩		金-银矿床	17. 娘姑处金银矿床(3)	板岩、玄武岩、安山岩、角砾熔岩和凝灰岩(J ₃)	黑云母花岗岩闪长岩和斜长花岗岩脉(H)	含金石英英脉和蚀变岩构成条带状和透镜状金-银矿体	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、自然金和自然银	石英、方解石、重晶石、绿泥石和高岭石	绢云母化、高岭土化、绿泥石化和硅化	Au/小, 1 ~ 3g/t (1.6g/t) Ag/小, 5.7 ~ 48g/t, (32g/t)	

注: 矿床(点)名称栏中括号内的数字为该矿床(点)在图 1 上的编号。K₂—中白垩统; K₁—下白垩统; J₃—上侏罗统; J₂—中侏罗统; J₁—下侏罗统; T₃—J₁—上三叠统—下侏罗统; T₃—上三叠统; Pt₃—新元古界; H—喜马拉雅期; Y₃—H₁—燕山晚期—喜马拉雅早期。——颜维钧等(2002); ——王军等(2001)。

2 2 金和锑矿床(点)空间分布特征

根据金和锑矿床(点)空间分布特征, 同时结合区域地质资料和物化探数据, 从西向东可把藏南地区划分为 4 个矿化集中区: 拉昂错—马攸木—帕羊金矿化集中区(A), 然勒金和锑矿化集中区(B), 洛扎—措美锑矿化集中区(C)和邛多江金、锑和银矿化集中区(D) (图 1)。

拉昂错—马攸木—帕羊金矿化集中区(A)地处雅鲁藏布江缝合带西段, 由一系列宽阔的谷地和盆地组成, 东西长 270km, 南北宽 15~ 40km (图 1)。区内出露的岩层(体)主要为前寒武系变质岩和古生界

沉积岩以及喜马拉雅期侵入岩, 局部地段见有古近纪火山岩, 属陆缘构造-岩浆活动带。矿产地质调查结果表明, 矿化集中区内铜和金矿床(点)以及物化探异常呈罗棋布。迄今为止, 已圈定大型砂金矿床 3 处(马攸木、玛旁雍错和王曲贡布)、大型岩金矿床 1 处(马攸木)、砂金矿点 10 处, 岩金矿点 8 处和铜矿点 3 处, 其中马攸木大型岩金矿床的发现将本区金矿床找矿勘查活动推向一个新的高潮 (表 1)。

然勒金和锑矿化集中区(B)地处特提斯喜马拉雅板片北喜马拉雅构造带的中东部, 主要由一系列第四系盆地、断陷带和隆起带所构成, 东西长约

100km, 南北宽 30~45km (图 1), 区内出露的岩层(体)主要为三叠系、侏罗系和白垩系泥砂岩、砂岩、碳质板岩、千枚岩、泥灰岩和钙质页岩, 局部地段见有少量安山质凝灰岩和角砾岩, 属古大陆边缘沉降带。矿产地质调查结果表明, 区内金、金-锑和锑矿床(点)以及物探异常分布广泛, 并且环绕然勒变质核杂岩体产出。在已发现的几十处金属矿床(点)中, 萨拉岗锑矿床、哈翁金矿床和乌拉堆金矿床以规模较大和品位较高为特征(表 1)。

洛扎—措美锑矿化集中区(C)地处特提斯喜马拉雅板片北喜马拉雅构造带中部, 主要由一系列近东西向和南北向褶皱、断裂和第四系盆地所构成, 东西长约 75km, 南北宽 10~28km (图 1)。区内出露的岩层主要为侏罗系和白垩系长英砂岩、碳质板岩、千枚岩、页岩和泥灰岩, 局部地段见有玄武岩和安山质凝灰岩。大地构造环境属古大陆边缘断陷带。地质调查结果表明, 区内锑矿床(点)和异常带分布广泛, 并且大都在近东西向和南北向断裂交汇部位产出, 代表性矿床有车穷卓布、勇日和壤拉。同前述两个矿化集中区相比, 洛扎—措美集中区以侵入岩体不发育、岩(体)层金含量较低和金矿床(点)较为少见为特征, 是藏南成矿带唯一处以锑矿床(点)为主的矿化集中区(表 1)。

邛多江金-锑-银矿化集中区(D)地处特提斯喜马拉雅板片的北喜马拉雅构造带的中东部, 主要由一系列近东西向褶皱、断裂和含砂金盆地所构成, 东西长 100km, 南北宽 20~46km。该矿化集中区可进一步划分为 3 个亚区, 即哲古错、马扎拉—扎西康和查拉普。需要提及的是这 3 个亚区分别位于邛多江变质核杂岩体西南部 15km, 南侧 5km 和东南侧 12km 处, 变质核杂岩体与金和锑矿化区具密切空间分布关系。矿化集中区内出露的地层主要为三叠系、侏罗系和白垩系泥砂岩、长英砂岩、碳质板岩和钙质页岩, 局部地段见有少量玄武岩和安山岩, 大地构造环境属古大陆边缘断裂带。地质调查结果表明, 区内金、金-锑和锑多金属矿床(点)星罗棋布, 并且大都在近东西向和南北向断裂交汇部位产出, 其中代表性金-锑矿床有马扎拉和泽日; 金矿床有查拉普; 锑多金属矿床为扎西康(表 1)。

娘姑处金-银矿床地处特提斯喜马拉雅板片北喜马拉雅构造带最北侧, 位于雅鲁藏布江缝合带的东段, 金-银矿化主要与燕山晚期构造-岩浆活动有关。考虑到娘姑处及邻区仅发现有一处金-银矿床和几处物化探异常, 因此, 作者目前尚无充分依据将其

划分为一个独立的矿化集中区。

3 代表性金和锑矿床(点)主要地质特征

3.1 变质岩为主要容矿围岩金和锑矿床(点)

此类矿床(点)大多数在新元古宙浅一中变质岩地层内产出, 并且与燕山晚期或喜马拉雅早期花岗岩类侵入岩具一定空间分布关系。容矿围岩有片岩、板岩、大理岩和绿片岩, 矿体形态受近东西和南北向断裂交汇部位控制。代表性矿床有马攸木金矿床和然巴金-锑矿点, 其中马攸木以规模大和品位高为特征, 为一处正在勘查中的金矿床。

马攸木金矿床地处印度板块与欧亚大陆碰撞带中西段, 其北侧 13km 处即是喜马拉雅地体与拉萨地体的分界线—近北西向的印度河—雅鲁藏布江缝合带(图 1)。区内的含矿岩系主要是新元古宙齐吾贡巴群绿泥片岩、方解石片岩和细晶灰岩。另外, 在矿区外围还分布有奥陶系幕霞群和三叠系修康群沉积岩以及古近纪火山岩。野外地质调查结果表明, 整个金矿化区位于拉昂错—柴曲背斜马攸木段南翼, 矿体形态受北东向和北西向“X”型剪切断裂带控制。侵入岩主要为喜马拉雅期闪长玢岩和辉绿岩墙或脉。另外, 在矿区北部还分布有喜马拉雅期黑云二长花岗岩株。

金矿化多呈脉状、透镜状和似层状在新元古宙片岩和细晶灰岩破碎带内产出, 单个矿体大多呈北东东向分布, 向南东、南或北西向倾斜, 长度变化范围为 200~700m, 厚约 1~3m, 控制斜深 40~70m。原生金矿石类型主要有角砾岩型、脉状、网脉和细脉浸染型, 相比之下, 次生金矿石类型主要有胶状、蜂窝状和土块状。代表性金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、辉锑矿、辰砂、自然金和银金矿, 脉石矿物有石英、玉髓、绢云母、绿泥石和方解石。此外, 在金矿体近地表处, 亦可观察到褐铁矿、铜兰、硫华、硅华和锑华团块。矿石中金含量变化范围为 1.2~94g/t, 平均值为 24g/t。

聂凤军等的初步研究结果表明, 该矿床的成矿过程可划分为两个阶段, 一是燕山晚期到喜马拉雅早期, 构造-岩浆活动在构造有利部分形成细脉浸染状和网脉状金矿石或矿胚; 二是喜马拉雅晚期, 大气降水或热泉喷溢对原生金矿石(或矿胚)进行叠加改造, 进而形成具有工业价值的金矿床, 因此, 马攸木金矿床属一处中温热液金矿床。

3.2 沉积岩为主要容矿围岩金和锑矿床(点)

在整个藏南成矿带范围内, 此类矿床(点)以分布范围广、产出数量多和金属储量规模大为特征。金属矿床(点)大多数在三叠系、侏罗系和白垩系泥砂岩、长英砂岩和碳质板岩以及富碱中基性侵入岩体内产出, 其空间分布形态受近东西向和南北向断裂构造控制, 矿床(点)的成矿作用与燕山晚期—喜马拉雅早期构造-岩浆活动有关。根据各矿床(点)的金属元素组合, 此类矿床(点)可进一步划分为金、锑、金-锑和锑多金属矿床或点, 代表性金矿床有哈翁; 锑矿床为萨拉岗和车穷卓布; 金-锑矿床有马扎拉、古堆和哲古错; 锑多金属矿床为扎西康。

3.2.1 哈翁金矿床

该矿床地处西藏特提斯构造域北喜马拉雅构造带中部, 然勒变质核杂岩东侧和羊卓雍错—哲古错复向斜西段。区内出露的含矿岩系主要为上三叠统涅如组粉砂质板岩、绢云母板岩、凝灰质粉砂岩、千枚岩和碳质板岩。该套地层顶部与下中侏罗统日当组泥灰岩、钙质板岩和细晶灰岩呈断层接触。受区域性南北向挤压和东西向拉张构造影响, 矿化区范围内的各类断裂和褶皱构造分布广泛, 以早期北西-北北西向压扭性断层和晚期北东-北东向张扭性断层最发育, 其中后者的形成与然勒变质核杂岩体的隆升过程有关, 并且控制着金矿体的空间分布形态。矿区范围内出露的侵入岩主要有闪长岩、辉长岩、云煌岩和辉绿玢岩脉或墙, 其中以闪长岩脉(或墙)最为发育, 并且与金矿体具密切空间分布关系, 个别闪长岩墙内产出的含金石英脉即是很好的例证。

金矿化多呈脉状、透镜状和条带状在上三叠统板岩、碳质板岩、千枚岩和凝灰质粉砂岩破碎带内产出。单个矿体大多呈北东走向, 向北西或北西西方向倾斜, 长度变化范围为 50~170m, 平均值 118m, 厚度为 0.8~2.6m, 平均值 1.4m。近矿体围岩蚀变主要有硅化和绿泥石化。原生金矿石类型有石英脉型、断层角砾岩型和蚀变岩型, 次生矿石为蜂窝状和土块状。矿石的金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、砷黝铜矿、锡石、针铁矿、菱铁矿、褐铁矿、自然金和银金矿。脉石矿物有石英、方解石、绿泥石、黝帘石、白云母和泉华。矿石中金含量变化范围为 1.6~5.8g/t, 最高值为 15g/t, 平均值 4.6g/t。

前人研究结果表明, 哈翁金矿床是岩浆热液流体和深部循环水混合, 并且对围岩进行淋滤萃取的产物。曲晓明等指出, 尽管该地区金矿床的成矿物质分别来自岩浆热液流体和大气降水, 但是在其

形成过程中, 岩浆热液流体发挥更为重要的作用。

3.2.2 马扎拉金-锑矿床

该矿床地处印度板块与欧亚大陆碰撞带中段, 北喜马拉雅板片的东部, 其南侧 28km 处即是高喜马拉雅板片(HHM)与藏南拆离系(STDs)的分界线(图 1)。区内的含矿岩系主要为下—中侏罗统日当组板岩、砂岩和灰岩, 局部地段见有安山岩、安山质凝灰岩和角砾岩。日当组的下伏岩层为上三叠统涅如群沉积岩, 上覆岩层分别为中侏罗统遮拉组火山-沉积岩、上侏罗统维美组和下白垩统甲丕拉组沉积岩。受区域性南北向挤压和东西向拉伸应力影响, 区内各类断裂和褶皱构造分布广泛, 其中以北西向压扭性走滑断层和近南北向张扭性断裂较为发育, 并且控制着金-锑矿床(点)空间展布方向。矿化区外围燕山晚期—喜马拉雅早期闪长岩、辉长岩、闪长玢岩和辉绿岩墙(脉)出露广泛, 并且与金-锑矿床(点)具密切空间分布关系。

金-锑矿体多在侏罗系板岩和灰岩以及安山岩地层内呈脉状、透镜状和似层状产出。矿化类型主要为石英脉、石英-方解石脉和构造蚀变岩。单个矿体多呈南北向或北西向分布, 向东北、南西、东或西方向倾斜, 长度变化范围为几米到数百米, 厚约几十厘米到几米, 控制斜深数十米。近矿体围岩蚀变主要为硅化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化, 原生金矿石类型主要有石英(方解石)脉型、细脉浸染型和角砾岩型。矿石中代表性金属矿物有辉锑矿、黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、辰砂、自然金和银金矿, 脉石矿物有石英、方解石、绢云母、白云母、绿泥石和绿帘石, 此外, 在个别金-锑矿体顶部还存在有褐铁矿和铜蓝条带。金含量变化范围为 2.5~18.6g/t, 平均值 3.5g/t; 锑含量变化范围为 5%~70%, 平均值 34.6% (王军等, 2001)。

初步研究结果表明, 马扎拉金-锑矿床的成矿作用与燕山晚期构造-岩浆活动有关。岩浆热液流体对下侏罗统日当组板岩、粉砂岩和灰岩中金属元素的淋滤和萃取效应是导致金-锑矿体形成的主导控制因素, 马扎拉背斜核部的滑剪和拉张断裂破碎带为含矿流体的运移和沉淀提供了空间条件(王军等, 2001)。

3.2.3 古堆金-锑矿床

该矿床地处特提斯喜马拉雅板片北喜马拉雅构造带中东部, 邛多江变质核杂岩体西南侧的羊卓雍错—哲古错复向斜东端南翼(图 1)。区内出露的含矿岩系主要为下—中侏罗统日当组粉砂质板岩、石

英砂岩、钙质页岩、碳质页岩、安山岩和英安岩。这套岩层的底部与上三叠统朗杰学群砂岩、粉砂岩和泥灰岩呈断层接触,顶部被下白垩统加丕拉组粉砂质页岩、凝灰岩和灰岩不整合覆盖。受区域性南北向挤压构造作用影响,矿区范围内东西向褶皱和南北向断裂构造较为发育,其中两组断裂交汇处往往是金-锑矿体的赋存部位。矿区范围内出露的侵入岩主要有喜马拉雅期石英闪长岩和闪长玢岩,前者呈岩株状产出,并且具有明显绢云母化和粘土化,后者多呈岩脉或岩墙出露,发育有绢英岩化和粘土化。

金-锑矿化多呈脉状、层状、似层状和透镜体状在下一中侏罗统日当组火山-沉积岩地层内产出。矿体的顶、底板围岩分别为粉砂质板岩和安山岩。单个金-锑矿体多呈北东向分布,向北西或南东方向倾斜,长度变化范围为 10~30m,平均值 23m,厚度为 1~10m,平均值 3m。近矿体围岩蚀变有硅化、绢英岩化、碳酸盐化和高岭石化。金-锑矿石类型为石英脉型和蚀变岩型,其中以条带状、致密块状和浸染状矿化分布最为广泛。矿石的金属矿物有黄铁矿、辉锑矿、磁铁矿、自然金和银金矿,脉石矿物为石英、绢云母、方解石和高岭石。矿石中锑含量变化范围为 19.9%~44.1%,平均值 31.5%;金含量为 (0.11~1.58)g/t,最高值 25.6g/t,平均值 1.5g/t。

前人研究表明,古堆金-锑矿床石英流体包裹体的均一温度值变化范围为 194~310℃,盐度为 0.62%~7.86% (NaCl 当量),辉锑矿铅同位素比值与泥质板岩相似。根据上述几方面特征,曲晓明等认为,古堆金-锑矿床是混源热液流体对下一中侏罗统火山-沉积岩地层成矿元素进行淋滤萃取的产物。

3.2.4 哲古错金-锑矿床

该矿床地处特提斯喜马拉雅板片北喜马拉雅构造带中东部,邛多江变质核杂岩西南侧的羊卓雍错—拿日雍复向斜南翼,主要由纳鲁、油淌和果西沟等几处矿体所构成,分布面积 4.5km² (图 1)。区内出露的含矿岩系主要为上三叠统嘎波组砂质页岩、细砂岩、粉砂岩、碳质页岩和灰岩以及上覆的下一中侏罗统日当组砂岩、粉砂岩和页岩。受早期南北向挤压和晚期东西向拉张构造影响,矿化区范围内各类褶皱和断裂构造分布广泛,其中以近东西向望温卓布背斜、近东西向、北东向和近南北向断裂比较发育。在近南北向张性断层与望温卓布背斜交汇处常常可以观察到规模大小不等和矿化强度高低的金-锑矿体(或矿化体)。就侵入岩来讲,在矿化区范围内先后发现和圈定闪长岩、辉长岩、辉绿岩和煌斑岩脉

(或墙) 20 余条,其中闪长岩脉以分布范围较广,规模较大和锑含量较高(0.36%)为特征。

金-锑矿化呈脉状、串珠状和透镜状在上三叠统嘎波组和下一中侏罗统日当组砂页岩和喜马拉雅期闪长岩脉中产出。单个矿体大多沿南北向断裂分布,向东或西方向倾斜,长度变化范围为 10~70m,平均值 30m,厚度为 0.1~3.5m,平均值 1.9m。近矿体围岩蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化。金-锑矿石类型有石英脉型和蚀变岩型,其中条带状、团块状和浸染状矿石分布广泛。金-锑矿石中金属矿物主要有黄铁矿、辉锑矿、自然金和银金矿,脉石矿物为石英、绢云母、绿泥石和方解石。矿石中锑含量变化范围为 37.55%~55.70%,平均值 43.08%,金含量为 0.34~7.15g/t,平均值 2.73g/t。

前人研究表明,哲古错金-锑矿床石英流体包裹体均一温度值变化范围为 146~313℃,成矿流体盐度为 6.01%~1.05% (NaCl_{eq}),辉锑矿铅同位素组成与泥板岩大体相似。曲晓明等认为,哲古错金-锑矿床同样是混源热液流体对容矿沉积岩地层成矿元素进行淋滤萃取的产物。

3.2.5 萨拉岗锑矿床

该矿床地处西藏特提斯构造域喜马拉雅板片中东段,北喜马拉雅构造带中部和雅江缝合带南侧(图 1)。区内的含矿岩系主要为白垩系下统多组粉砂质泥岩、含泥硅质岩、泥灰岩和凝灰质砂岩,其上为白垩系上统宗卓组碎裂泥硅质岩和构造角砾岩不整合覆盖。萨拉岗地区的主体构造为一向东倾伏的残破斜歪背斜,这一东西长 10km 和南北宽 3km 背斜的两翼主要由宗卓组沉积混杂堆积岩所构成,核部为多组沉积岩。锑矿体大多在背斜向东倾伏的转折端产出,由核部向外,锑矿化强度明显减弱。除褶皱构造外,矿区范围内南北向张扭性和北东向压扭性断层分布广泛,其中北东向层间破碎带(F9)与锑矿体具密切空间分布关系(颜维均等, 2002)。在萨拉岗背斜核部见有多处闪长岩、闪长玢岩和辉绿岩脉(墙或株),面积变化范围为 0.1~5km²,形成时代为喜马拉雅期。考虑到个别侵入岩体锑丰度值较高,并且发育有细脉浸染状辉锑矿,因此,喜马拉雅期侵入岩在锑矿床形成过程中曾发挥过重要作用。

锑矿化多呈脉状、透镜体状和不规则团块状在白垩系下统多组粉砂质泥岩、泥硅质岩和凝灰质砂岩的层间破碎带内产出。单个矿体大多呈北东向和南北向分布,向东、东南或北方向倾斜,长度变化范围为 5~10m,最长 30m,厚度一般为 0.3~0.7m,

最厚处可达 1.7m, 控制斜深为 30~50m。近矿体围岩蚀变以硅化为主, 次为碳酸岩化、绿泥石化和高岭石化。锑矿石类型主要有石英脉型、致密块状和角砾岩型, 次生矿石有蜂窝状、角砾状和土块状。锑矿石的金属矿物主要有黄铁矿、辉锑矿、辰砂、雄黄和毒砂; 脉石矿物有石英、方解石、长石、泥质和碳质。此外, 部分矿体顶部发育有高品质锑华、锑赭石和泉华堆积物。原生致密块状锑矿石的锑含量为 20.24%~39.72%, 最高值为 41.74%, 平均值 31.45%。

颜维均等(2002)认为, 萨拉岗锑矿床与典型的浅成热液脉型矿床存在许多相似之处, 故将其命名为浅成热液石英脉型锑矿床, 岩浆期后热液活动在矿床形成过程中发挥了重要作用。鉴于萨拉岗锑矿床石英流体包裹体的温度变化范围分别为 190~270 和 140~180, 流体的盐度为 4.8%~12.58% (NaCl 当量), 辉锑矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 -1.7‰~+2.1‰, 曲晓明等认为该矿床的成矿物质主要来自火山-沉积岩地层。

3.2.6 车穷卓布锑矿床

该矿床地处特提斯喜马拉雅板片北喜马拉雅构造带的中东部, 邛多江变质核杂岩体西南侧的羊卓雍错—拿雍复向斜内。区内出露的含矿岩系主要为下—中侏罗统陆热组细砂岩、砂页岩、泥灰岩、碳质板岩和安山质凝灰岩。受早期区域性南北向挤压和晚期东西向拉伸应力影响, 区内各类断裂和褶皱构造分布广泛, 其中以北东向和近南北向断层破碎带最为发育, 并且控制着锑矿体的空间分布形态。尽管在矿区及外围很少见有大规模侵入岩产出, 但是局部地段存在为数不多的辉绿岩和闪长玢岩脉(或墙)。迄今为止, 尚未观察到这些侵入岩脉(或墙)与锑矿体的接触关系。

锑矿化呈脉状、似层状和透镜状在侏罗系沉积岩地层破碎带内产出, 整个矿化带长 2.7km, 宽 6~11m。矿化类型为石英脉、石英-方解石脉和构造角砾岩。单个矿体大多呈北东向或近南北向分布, 向北西或南东方向倾斜, 长度变化范围为 200~800m, 平均值 400m, 厚度 2~8m, 平均值 5m, 控制垂向延伸为百余米。此外, 个别矿体顶部氧化带比较发育, 由高品质锑华和硅质泉华堆积物组成, 厚约 3~5m。原生锑矿石类型有石英脉、石英-方解石脉、细脉浸染状、块状和角砾岩状, 次生锑矿石多为蜂窝状和土块状。锑矿石中代表性金属矿物有黄铁矿、辉锑矿、辰砂、雄黄和毒砂; 脉石矿物有石英、方解石、冰洲石、绿泥石、泥质和碳质。锑矿石中锑含量变化范围为

0.33%~12.39%, 平均值 4.65%。

初步研究结果表明, 车穷卓布锑矿床与萨拉岗锑矿床存在许多相似之处, 为一处较为典型的浅成低温热液锑矿床, 成矿物质主要来自侏罗系沉积岩地层。

3.3 火山岩为主要容矿围岩金-银矿床

此类矿床(点)大多沿雅鲁藏布江缝合带分布, 在中生界火山岩地层内产出, 并且与燕山晚期花岗岩体具密切空间分布关系。金-银矿床(点)容矿围岩为玄武岩、安山岩、凝灰岩和角砾岩, 矿体空间分布形态受北西向或近南北向断裂破碎带控制(西藏地质矿产局; 西藏地质矿产局, 1993)。尽管该区火山岩地层中金和银异常较多, 但是已知矿床(点)数量却很少, 下面仅以娘姑处矿床为例, 简要论述此类矿床(点)地质特点。

娘姑处金-银矿床地处特提斯喜马拉雅板片与拉萨地体碰撞对接带的东端, 雅鲁藏布江缝合带泽当蛇绿岩上冲构造岩块内(西藏地质矿产局; 西藏地质矿产局, 1993)。区内出露的含矿岩系主要为上侏罗统桑日群杏仁状玄武岩、安山岩、角砾熔岩、凝灰岩和凝灰质板岩, 局部地段见有古近纪罗布莎群砂砾岩和泽当蛇绿岩。受区域性南北向挤压和东西向拉伸构造作用影响, 矿化区范围内近东西向逆冲断层和南北向拉张破碎带分布广泛, 并且发育有硅化、绢英岩化和绿泥石化。上述断裂破碎带多向西南方向倾斜, 长约数百米至千米, 宽 15~20m, 为重要的导矿和容矿构造。就侵入岩来讲, 除在矿区北部产出有古近纪中—细粒黑云母花岗闪长岩外, 矿区中心地段分布有一系列黑云母斜长花岗岩脉, 并且与金-银矿体具密切空间分布关系。

金-银矿化多呈脉状和条带状在上侏罗统桑日群玄武岩、凝灰岩和凝灰质板岩以及黑云母斜长花岗岩破碎带内产出。单个矿体呈北西向分布, 向东南或北东方向倾斜, 长度变化范围为 190~600m, 平均值 300m, 宽 2~16m, 平均值 6m。近矿体围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化和高岭石化。金-银矿石为脉状和细脉浸染状, 金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、自然金和自然银; 脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石和重晶石。矿石中金含量变化范围为 1~3g/t, 平均值 2.2g/t; 银含量为 5.7~47.5g/t, 平均值 27.5g/t。

初步研究结果表明, 该矿床主要在侏罗系火山岩地层破碎带内产出, 与古近纪黑云母花岗闪长岩和黑云母斜长花岗岩具密切空间分布关系, 属中—

低温岩浆热液型金-银矿床。

4 区域地壳演化与金和锑成矿作用

同青藏高原造山带内的其他构造单元一样,藏南成矿带所处的特提斯喜马拉雅板片同样经历过复杂的地质演化历史。藏南地区金和锑矿床(点)时空分布特点表明,各类矿床(点)的成矿作用与古大陆板块碰撞和对接过程中所诱发的构造-岩浆活动密切相关。金和锑矿床成因类型、空间分布形态、形成时间和地质特征本身就是某种构造、岩浆和热事件的具体反映(聂凤军等, 2002; 聂凤军等; Groves et al, 1998)。尽管藏南成矿带范围内很难观察到从前寒武纪到新生代连续出露的构造-地层单元和侵入岩以及与之相对应的金属矿床(点),但是三期成矿作用还是比较明显的,即古生代、燕山晚期和喜马拉雅早期。

新元古代到古生代时期,本区为一稳定型到过渡型古陆块,主要由一套巨厚碎屑岩和少量火山岩所构成。受古陆块内部构造应力调整影响,不同规模构造-岩浆活动为各种地质流体的产生和运移提供了动力和物质来源(Robert et al, 1998)。在藏南成矿带西段,地质流体对新元古界浅变质岩的淋滤与萃取作用可形成富含金、锑和其他成矿组份的热水溶液,并且在构造有利部位形成细脉浸染状金矿化或金和锑含量较高的矿胚或矿源层。马攸木金矿区含金量较高的浅变质岩即是此种热流体活动的产物。

从三叠纪开始,受古大陆裂解和特提斯洋打开的影响,藏南地区位于印度板块北缘,主要由一套较厚的细碎屑岩和少量海相火山岩地层所构成,属大陆坡和陆隆沉积环境(尹安, 2001; 潘裕生, 1999; 西藏地质矿产局, 1993)。此类构造环境与金属矿床(点)的关系表现在以下两个方面,一是在海盆地还原环境中,大量有机质对金和锑均具有较强的吸附和络合作用,很有可能造成矿物质的相对聚集和沉淀;二是局部地段海相火山喷发作用亦可将部分成矿物质从地壳深部带至海底,进而形成金锑含量较高的火山-沉积岩(如黑色板岩)。需要提及的是,除了上述两方面因素外,沉积物中胶体凝聚效应、絮凝作用和生物活动以及成矿环境 pH 和 Eh 值变化均可造成成矿组份的富集,并且形成矿源层(杜觉树等, 1993)。藏南地区中东部含金和锑火山-沉积岩地层分布广泛,并且构成大部分金、金-锑和锑矿床(点)的容矿围岩,它们的形成过程与前述诸多地质

作用密切相关。

白垩纪晚期到古近纪早期(70~ 55Ma),随着新特提斯洋盆的消失,藏南地区进入到一个全新的地壳演化阶段。古近纪中期(55~ 45Ma)、印度板块与欧亚大陆的陆-陆碰撞致使区域地壳发生明显缩短和增厚,进而形成海拔高达 8000m 的喜马拉雅山脉(侯增谦等, 2004; 崔军文等, 2001; 尹安, 2001; Yin et al, 2000; Murphy et al, 1997)。与此同时,一系列近东西向逆冲和推覆构造致使三叠系、侏罗系和部分白垩系岩层(体)发生褶皱和动力变质作用,并且诱发中酸性岩浆活动。受各类构造“碾压”作用和热液活动影响,岩层(体)中 CO_2 、 CH_4 、 N_2 、 S 、 As 、 Au 和 Sb 等成矿组份以及裂隙水和晶间水向低压扩容带迁移,受地震泵吸效应、地温梯度和暖流流体密度差等诸多因素影响,当下渗流体到达一定深度后即会沿一定通道向上运移,并在构造破碎带和背斜枢纽带内形成脉状或似层状金、金-锑或锑矿体(余金杰等, 2000; Dill, 1998; Dill et al, 1995)。

新近纪晚期(23~ 8Ma),当喜马拉雅山脉被抬升到一定高度后,其北坡在重力作用影响下向北滑塌,进而形成一系列近东西向张性断裂带,构成青藏高原独具特色的藏南拆离系(STDs)。另外,地壳东西向水平拉伸和垂向减薄效应为变质核杂岩体形成创造了有利条件,康马、然勒和邛多江等变质核杂岩体的存在即是很好的例证(西藏地质矿产局, 1993; Burchfiel et al, 1992)。前人研究结果表明,造山过程中的重力滑塌(oro-genic collapse)可诱发区域地壳热流体值骤增,局部岩(体)层发生部分熔融,进而形成大面积分布的浅色花岗岩(Romer et al, 2001)。另外,重力滑塌作用所形成的张性断层、裂谷和地堑不仅为深源岩浆和热水溶液上涌提供了通道,同时也为成矿物质的活化迁移和聚集创造了有利场所。近南北向张性断层破碎带内部及旁侧分布的富碱侵入岩脉、构造蚀变带和金属矿床(点)即是很好的佐证。

同世界范围内其他金和锑成矿带内金属矿床(点)相比,藏南地区金、金-锑和锑矿床(点)与燕山晚期—喜马拉雅早期富碱中基性侵入岩脉具密切时空分布关系(Williams et al, 2001; Ashley et al, 1994; 杜觉树等, 1993)。尽管人们均不否认上述地质事实,但是锑和金是否来自地幔源仍存在较大争议,部分学者认为,富金和锑的中基性侵入岩是幔源岩浆上侵定位的产物,与其相关的热液流体在金和锑矿床形成过程中发挥了重要作用(Jochum et al,

1997, 1996)。另外一部分学者则指出, 幔源中基性岩浆与地壳的相互作用(水-岩反应或混染作用)可导致岩体中金和锑含量明显增高, 混源流体对容矿围岩的萃取和淋滤是导致成矿组份聚集的重要机制(Ashley et al, 1994)。无论是哪一种观点, 人们均承认燕山晚期—喜马拉雅早期中基性富碱岩浆活动在藏南地区金、金-锑和锑矿床(点)形成过程中曾起到了某种媒介作用。壳-幔物质相互作用可能是导致成矿物质活化迁移和沉淀富集的主导因素, 毋庸置疑, 在今后很长一段时间内, 成矿物质来源和成矿机理仍将是此类矿床理论研究的热点和难点问题。

5 结论

(1) 根据矿床(点)容矿围岩性质和成矿作用特点, 藏南地区金和锑矿床(点)大体可划分为3种类型, 即: 变质岩为主要容矿围岩矿床, 此类矿床可进一步划分为两个亚类, 即金和金-锑矿床(点); 沉积岩为主要容矿围岩矿床, 其亚类有金、锑、金-锑和锑多金属矿床(点); 火山岩为主要容矿围岩金-银矿床(点)。第 类矿床(点)中, 马攸木是迄今为止在西藏找到的最大的岩金矿床, 而第 类中的萨拉岗是藏南地区最大的锑矿床, 这两类矿床的理论研究和找矿勘查工作值得高度重视;

(2) 根据金和锑矿床(点)空间分布特点, 藏南成矿带内可划分出4个矿化集中区, 它们分别是拉昂错—马攸木—帕羊金矿化集中区(A), 然勒金和锑矿化集中区(B), 洛扎—措镁锑矿化集中区(C)和邛多江金-锑-银矿化集中区(D)。在上述4个区中, B和D区分别与然勒和邛多江变质核杂岩体具密切空间分布关系, 并且可进一步划分为若干亚区;

(3) 金和锑矿化强度不仅表现在空间上, 同时也表现在其形成时间上, 考虑到藏南成矿带金和锑成矿作用分别发生在古生代, 燕山晚期和喜马拉雅早期, 同时, 多数矿床(点)的形成时间与印度板块—欧亚大陆的碰撞-对接和伸展构造作用高峰期相吻合, 因此, 各类金锑矿床(点)是地壳特定演化阶段构造-岩浆活动的产物;

(4) 与其他地质体一样, 藏南地区金锑矿床(点)同样经历过一长期的和多阶段的地壳演化历史。古生代和中生代海相火山(或热泉)喷溢活动、陆源碎屑沉积作用和区域动力变质效应均可导致金和锑发生初步富集, 并且在局部地段形成矿胚或矿源层。燕山晚期和喜马拉雅早期构造-岩浆活动可通过下述两条途径形成具工业价值金或锑矿床, 一是对早期

矿源层进行叠加改造; 二是有关含矿流体直接贯入容矿围岩沉淀成矿。

致谢: 作者野外工作期间得到西藏地质调查院郑有业教授和西藏地质矿产局职工培训中心平措先生以及有关矿山行政管理人员和地质技术人员的大力支持, 其中与郑有业教授的多次学术交流活动使作者获益匪浅, 在此谨表衷心感谢。

注 释

- 西藏自治区地质矿产厅. 1998 中华人民共和国区域地质调查报告(1:50000), 然巴幅、白地幅、罗布岗幅和浪卡子幅. 1~232
 西藏自治区地质矿产局区域地质调查大队. 1998 中华人民共和国地球化学图及说明书(1:20万), 洛扎幅—措美幅—隆子幅. 1~75
 西藏自治区地质矿产局. 1994 中华人民共和国区域地质调查报告(1:200000), 浪卡子幅(8-46-25)、泽当幅(8-46-26). 区域矿产及经济地质, 1~155
 聂凤军, 江思宏, 胡朋, 等. 2003 “藏南及邻区浅成热液成矿作用”课题(73项目)2003年度执行情况报告(内部报告). 1~7
 郑有业. 2003 私人通讯
 多吉. 2003 私人通讯
 曲晓明, 侯增谦, 张绮玲, 等. 2003 西藏铜金锑多金属矿产资源远景评价. 中国地质调查局地质调查项目(DKD2002003)(内部报告). 1~194
 西藏自治区地质矿产厅第二地质大队. 2000 西藏自治区浪卡子县哈翁金矿普查报告(内部资料). 1~71

参 考 文 献

- 崔军文, 李朋武, 李莉. 2001 青藏高原的隆升: 青藏高原的岩石圈结构和构造地貌. 地质论评, 47(2): 157~163
 杜觉树, 冯喜良, 陈福忠, 等. 1993 西藏金矿地质. 成都: 西南交通大学出版社, 1~177
 侯增谦, 李振清. 2004 印度大陆俯冲前缘的可能位置: 来自藏南和藏东活动热泉气体He同位素约束. 地质学报, 78(4): 482~493
 李振清, 侯增谦, 聂凤军, 孟祥金. 2005 藏南上地壳低速高导层的性质与分布: 来自热水流体活动的证据. 地质学报, 79(1): 68~77
 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 2002 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向. 北京: 地质出版社, 1~499
 潘裕生. 1999 青藏高原的形成与隆升. 地学前缘, 6(3): 153~163
 王军, 张均. 2001 西藏南部马扎拉金-锑矿成矿特征及找矿方向. 黄金地质, 7(3): 15~20
 西藏自治区地质矿产局. 1993 西藏自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 1~707
 颜维钧, 张林. 2002 沙拉岗锑矿床基本特征及成因初步探讨. 西藏地质(2): 51~54
 尹安. 2001 喜马拉雅-青藏高原造山带地质演化. 地球学报, 22(3): 193~230
 余金杰, 闫升好. 2000 锑矿床研究若干问题初探. 矿床地质, 19(2): 166~172

References

- Ashley P M, Cook N D J, Hill R L, et al. 1994 Shoshonitic lamprophyre dykes and their relation to mesothermal Au-Sb veins

- at Hill-groves, New South Wales Australia. *Lithos*, 32(3~4): 349~ 272
- Burchfiel B C, Zhiliang C, Hodges K V, et al. 1992 The south Tibetan detachment system, Himalayan orogen: extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt. *Boulder Colorado. Geological Society of America Special Paper* 269, 41p.
- Cui Junwen, Li Pengwu, Li Li. 2001. Uplift of the Qinghai—Tibet plateau: tectonic geomorphology and lithospheric structure of the Qinghai—Tibet plateau. *Geological Review*, 47(2): 157~ 163
- Dill H G. 1998 Evolution of Sb mineralization in modern fold belt: A comparison of the Sb mineralization in the central Andes (Bolivia) and the western Carpathians (Slovakia). *Mineralium Deposita*, 33: 359~ 378
- Dill H G, Weiser T, Bernhardt I R, et al. 1995 The composite gold-antimony vein deposit at Khamma (Bolivia). *Economic Geology*, 90: 51~ 66
- Du Jueshu, Feng Xiaoling, Chen Fuzhong, et al. 1993 The Geology of the gold deposits in Xizang (Tibet). Chengdu: Southwest Jiaotong University press, 1~ 177 (in Chinese with English abstract).
- Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M, et al. 1998 Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Review*, 13: 7~ 27.
- Hou Zengqian, Li Zhenqing. 2004 Possible location for underthrusting front of the Indus continent: constraints from Helium isotope of the geothermal gas in southern Tibet and eastern Tibet. *Acta Geologica Sinica*, 78(4): 482~ 493
- Jochum K P, Vema S P. 1996 Extreme enrichment of Sb, Tl and other trace elements in altered MORB. *Chemical Geology*, 130(3~4): 289~ 299
- Jochum K P, Hofmann A W. 1997 Constraints on earth evolution from antimony in mantle-derived rocks. *Chemical Geology*, 139(1~4): 39~ 49
- Li Zhenqing, Hou Zengqian, Nie Fengjun, Meng Xiangjin. 2005 Characteristic and distribution of the partial melting layers in the upper crust: evidence from active hydrothermal fluid in the south Tibet. *Acta Geologica Sinica*, 79(1): 68~ 77.
- Murphy M A, Harrison T M, Durr S B, et al. 1997 Significant crustal shortening in south—central Tibet prior to the Indo-Asian collision. *Geology*, 25: 719~ 722
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Bai Daming, et al. 2002 Metallogeny and ore prospecting of ore deposits occurring within the conjunction area of Inner Mongolia, Gansu and Xinjiang (Beishan Mt.), northwestern China. Beijing: Geological Publishing House, 1~ 499 (in Chinese with English abstract).
- Pan Yusheng. 1999 Formation and uplifting of the Qinghai—Tibet plateau. *Earth Science Frontiers*, 6(3): 153~ 163 (in Chinese with English abstract).
- Robert F. 1998 Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Review*, 13: 7~ 17.
- Romer R L, Forster H J, Breiterkreuz C. 2001. Intracontinental extensional magmatism with a subduction fingerprint: the late Carboniferous Halle volcanic complex (Germany). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 41: 201~ 221.
- Wang Jun, Zhang Jun. 2001. Metallogenic characters and prospecting direction of the Mazhala gold-antimony deposit, southern Tibet. *Gold Geology*, 7(3): 15~ 20 (in Chinese with English abstract).
- Williams H, Turner S, Kelley S, Harris N. 2001. Age and composition of dikes in southern Tibet: new constraints on the timing of east-west extension and its relationship to postcollisional volcanism. *Geology*, 29: 339~ 342
- Xizang Bureau of Geology and Mineral Resources (XZBGM R). 1993 Regional geology of Xizang Autonomous Region. Beijing: Geological Publishing House, 1~ 707 (in Chinese with English abstract).
- Yan Weijun, Zhang Lin. 2002 A preliminary study of geological features and genesis of the Shalagang Sb deposit. *Tibet Geology*, (2): 51~ 54 (in Chinese with English abstract).
- Yin An. 2001. Geologic evolution of the Himalayan—Tibetan orogen in the context of Phanerozoic continental growth of Asia. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(3): 193~ 230 (in Chinese).
- Yin A, Harrison T M. 2000 Geologic evolution of the Himalayan—Tibetan orogen. *J. Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 28: 211~ 280
- Yu Jinjie, Yan Shenghao. 2000 A preliminary discussion on some problems of antimony deposits. *Mineral Deposits*, 19(2): 166~ 172 (in Chinese with English abstract).

Type and Temporal-Spatial Distribution of Gold and Antimony Deposits (prospects) in Southern Tibet, China

NIE Fengjun¹⁾, HU Peng¹⁾, JIANG Sihong¹⁾, LI Zhenqing¹⁾, LIU Yan¹⁾, ZHOU Yongzhang²⁾

1) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037

2) Department of Earth Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong, 510275

Abstract

The southern Tibet region, located at the convergence belt of the Indian Plate and Eurasian continent, is one of the most important gold and antimony metallogenic provinces in southwestern China. High alkaline igneous rocks, gold and antimony deposits (prospects) are well developed in the region due to multiple orogenic events from the Early Paleozoic to Tertiary. All these gold and antimony deposits and prospects can be classified into three types in term of its host rocks and deposit geology: hosted by metamorphic

rocks; hosted by sedimentary rocks; hosted by volcanic rocks. Each of them can also be further divided into gold-only, antimony-only, gold-antimony and antimony polymetallic deposits or prospects. Based on the regional metallogenic studies of the gold and antimony deposits (prospects), four mineralization concentration camps have been outlined. They include La'nga Co-Mayum-Paryang (A), Ranba-Lejinkangsang (B), Lhohzag-Comai (C) and Gongduojiang (D). Among all these four camps, the La'nga Co-Mayum-Paryang (A) camp consists mainly of vein type gold deposits and prospects, while the Lhohzag-Comai camp (C) is dominated by a number of antimony-only deposits (prospects). In contrast, the other two camps comprise gold, antimony and gold-antimony deposits and prospects. The relationship between the regional crustal evolution and gold-antimony metallogeny can be summarized as follows:

Paleozoic stage: tectonic-magmatism caused by the ancient plate tectonic movements resulted in the ground preparation of gold, antimony and other ore-forming materials, and formed a number of gold-antimony source beds and protore along a certain strata; Late Mesozoic to Early Cenozoic stage: a great number of gold, antimony and gold-antimony deposits and prospects were formed by late Yanshanian or Early Himalayan hydrothermal events related to the multiple collision of the Indian Plate and Eurasian continent. The extensional faulting and high alkaline magmatism may play the key role during the formation of the deposits or prospects; Late Cenozoic to present stage: gold- and antimony-bearing un-solidified sediments and hot-springs are considered to be caused by the reworking of the early formed deep-seated faults. Systematic geological investigations on the gold, antimony and gold-antimony deposits (prospects) of the region indicate that the wall rocks of these deposits (prospects) vary from place to place, but most of them show an intimate relation with the Late Yanshanian and Early Himalayan tectonism and high alkaline magmatism. Geological and geochemical features of these deposits have attracted the domestic and international geologists' attentions. The integrated analyses of the geological setting, geological and geochemical features of these deposits and their related wall rocks will greatly upgrade the understanding of the ore-forming processes of the gold and antimony deposits (prospects). Meanwhile, the genetic model and mineral exploration criteria of these deposits (prospects) can also be used during the comprehensive evaluation of the concealed gold and antimony deposits in south Tibet and its neighboring area.

Key words: gold-antimony deposits (prospects); deposit type; spatial-temporal distribution; ore-forming process; high alkaline igneous rocks; southern Tibet

华北苏皖辽新元古代Molar tooth 构造碳酸盐岩的沉积岩相与环境约束

柳永清, 高林志, 刘燕学

中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

国内外元古宙碳酸盐岩中常见复杂肠状形态的molar tooth构造(MTS)。其宏观、微观边界清晰, 内部充填均一、粒结构的方解石(白云石)微亮晶。宿主岩相以含泥质或粉砂质的细砂岩、粉泥质灰岩为主, 经常与风暴岩共生。MTS碳酸盐岩发育在缓坡型台地, 沉积层序中常见潮汐流、风暴流侵蚀-充填和浪成交错层理与递变层理。MTS碳酸盐岩发育严格受沉积环境和岩相约束, 形成于(内)缓坡深

部—中缓坡浅部)潮下带和环潮坪, 风暴浪基面是其发育的最大深度。垂向序列由高频潮下带和环潮坪微层序加积而成, 单个微层序顶部通常为环潮坪为纹层状含铁质有机质泥屑碳酸盐岩披盖层, 发育丰富和形态各异的MTS, 是一个向上沉积动力减弱、沉积物变细和水体变浅的沉积旋回。