

西藏大冈底斯北部金属矿床成矿系列研究

罗梅¹⁾, 潘凤雏²⁾, 李巨初¹⁾, 徐志忠³⁾, 邓午忠⁴⁾, 李关清⁵⁾, 刘丽君⁶⁾

- 1) 成都理工大学, 成都, 610059; 2) 西藏自治区地质调查院, 拉萨, 850001;
3) 西藏地勘局第五地质大队, 青海格尔木, 816000; 4) 西藏地勘局第六地质大队, 拉萨, 851400;
5) 西藏地勘局区域地质调查大队, 拉萨, 851400; 6) 中国地质大学, 北京, 100083

内容提要:依据近年西藏自治区矿产资源大调查的资料与西藏自治区矿产资源潜力评价研究获得的系统、详细的矿产资源资料, 编写论述了西藏大冈底斯北部(包括班公湖-怒江成矿带、北冈底斯成矿带、中冈底斯成矿带三个成矿带)的矿产地质特征及成矿分布规律与成矿系列。班公湖-怒江成矿带包括燕山早期(洋盆形成时期, 如东巧铬矿)及燕山中晚期(陆内俯冲挤压时期, 如屋索拉金矿)岩浆作用有关矿床成矿系列和那曲-洛隆盆地与喜马拉雅期流体作用有关(如纳多弄铅矿)矿床成矿系列; 北冈底斯成矿带矿床主要分布在申扎-嘉黎一线的北部地区(亦称冈底斯北矿带), 包括玉古拉镍矿(燕山早期, 岩浆岩型)、舍索铜矿(燕山中晚期, 砂卡岩型为主)、尤卡朗-昂张铅矿(燕山中晚期, 热液型为主)、俄龙呷砷矿(燕山晚期-喜马拉雅早期, 流体-改造型为主)四个地区不同类型矿床成矿系列; 中冈底斯成矿带包括近东西向两个成矿亚带, 北边为革吉-雄巴-文部成矿亚带燕山中晚期(如尕尔铜金矿)及狮泉河-申扎弧-盆系演化期岩浆热液成矿作用的矿床成矿系列, 南边为朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带喜马拉雅中晚期(如甲岗钨钼铋矿)岩浆热液成矿作用的矿床成矿系列。

关键词: 西藏自治区; 大冈底斯成矿省; 金属矿床; 成矿分布规律; 矿床成矿系列

西藏大冈底斯成矿省(Ⅱ-10)位于西藏自治区中部, 包括冈底斯-念青唐古拉地区, 北以班公湖-兹格唐错-安多-碧土断裂为界, 南以达机翁-彭错林-朗县断裂为界, 面积约 $51.753 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。区内以大面积分布中-新生代火山-侵入岩, 及晚石炭世-早二叠世具冈瓦纳相含冰碛物杂砾岩为特征。大冈底斯成矿省由北向南含班公湖-怒江成矿带(Ⅲ-40)、北冈底斯成矿带(Ⅲ-41)、中冈底斯成矿带(Ⅲ-42)、南冈底斯-念青唐古拉成矿带(Ⅲ-43)共四个成矿带。本文为大冈底斯北部, 包括前三个成矿带(图 1)。为了系统全面阐明该带地质矿产特征及成矿分布规律与成矿系列, 下面从矿床时空分布、成矿作用特征、区域成矿模式及矿床成矿系列几方面进行论述。

1 班公湖-怒江成矿带

班公湖-怒江成矿带(Ⅲ-40), 是大冈底斯成矿省最北边的成矿带, 北以班公湖-安多-碧土断裂为

界, 南以狮泉河-觉翁-八宿断裂为界, 面积约 $12.346 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

1.1 矿床分布特征

班公湖-怒江成矿带(Ⅲ-40)矿床的空间分布, 主要是以下两个地区(四级成矿亚带): 日土-改则-丁青成矿亚带(Ⅳ-14)和比如-怒江成矿亚带(Ⅳ-15), 主要为铬铁矿、金矿, 其次是铜矿、铅矿、铁矿和铋矿, 多为中小型规模(图 2)。

1.1.1 矿床分布

(1) 日土-改则-丁青成矿亚带(Ⅳ-14)分布的矿床主要有: 改则县以东分布的屋索拉金矿、商旭金矿、塔吉冈铜银矿; 安多县西南分布的赞宗错铁矿、拉青铜金矿、东巧铬金矿、依拉山铬铁矿、切里湖铬铁矿和东风铬铁矿等。

(2) 比如-怒江成矿亚带(Ⅳ-15)分布的矿床主要有: 那曲县以东地区分布的甲布弄铋矿、夏多铅铜银矿; 索县以东地区(图 3)的扎格拉金矿、纳多弄铅

注: 本文为西藏自治区矿产资源潜力评价项目(编号 1212011121023, 1212010813025, 1212010881631)和中国地质大调查“我国重要矿产和区域成矿规律研究”项目(编号 1212010633903)及“中国矿产地质与区域成矿规律综合研究(中国矿产地质志)”项目(编号 1212011220369)资助成果。

收稿日期: 2014-11-25; 改回日期: 2015-01-19; 责任编辑: 黄敏、周健。

作者简介: 罗梅, 男, 1948 年生。教授, 研究方向: 矿床学及矿产资源勘查与开发。通讯地址: 610059, 四川省成都市成华区, 成都理工大学地球化学系; Email: luom180@126.com。

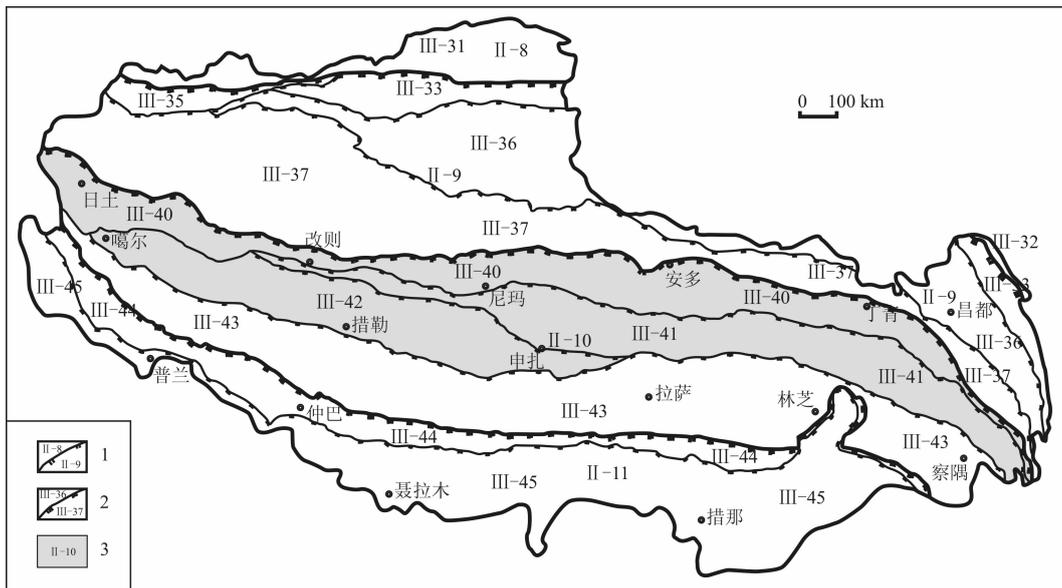


图 1 西藏自治区大冈底斯成矿省(II-10)北部分布示意图

Fig. 1 Distribution of the northern Great Gangdese metallogenic province (II-10) in Tibet Autonomous Region

1—二级成矿区编号及分界线;2—三级成矿带编号及分界线;3—研究区范围;II-8—巴颜喀拉-松潘成矿省;III-31—南巴颜喀拉-雅江成矿带;III-32—玉树-义敦乡成矿带;II-9—喀喇昆仑-三江成矿省;III-33—西金乌兰-金沙江成矿带;III-35—乔尔天山-阿克萨依(甜水海)成矿带;III-36—北羌塘-昌都(-普洱)成矿带;III-37—喀喇昆仑-他念他翁成矿带;II-10—大冈底斯成矿省;III-40—班公湖-怒江成矿带;III-41—北冈底斯成矿带;III-42—中冈底斯成矿带;III-43—南冈底斯-念青唐古拉成矿带;II-11—大喜马拉雅成矿省;III-44—雅鲁藏布成矿带;III-45—大喜马拉雅成矿带

1—The secondary metallogenetic district's number and the dividing line;2—the third level metallogenetic belt's number and the dividing line;3—the scope of the study area;II-8—Bayankala-Songpan metallogenetic province;III-31—south Bayankala-Yajiang metallogenetic belt;III-32—Yushu-Yudun metallogenetic belt;II-9—Karakorum-Sanjiang metallogenetic province;III-33—Xijirulan-Jinsha River metallogenetic belt;III-35—Joel Tianshan-Al-Aqsa (Sweet Sea) metallogenetic belt;III-36—north Qiangtang-Chamdo (-Pu'er) Metallogenetic belt;III-37—Karakorum-Tanitawen metallogenetic belt;II-10—Great Gangdese metallogenetic province;III-40—Bangong Lake - Nuijiang River metallogenetic belt;III-41—North Gangdese metallogenetic belt;III-42—Middle Gangdese metallogenetic Province;III-43—south Gangdese-Nyainqentanglha metallogenetic belt;II-11—Great Himalayan metallogenetic province;III-44—Yarlung-Zangbo-metallogenetic belt;III-45—Great Himalayan metallogenetic belt

锌矿和黄猜普铅锌矿等。

1.1.2 矿床分布空间特征

本区矿床的分布有两个特点,一是靠近成矿带的南、北断裂带附近分布;二是在东巧地区有铬铁矿相对集中分布的特点。它们在大地构造位置上位于班公湖-怒江结合带,矿床(点)在靠近班公湖-怒江缝合带(南侧)分布,成矿可能与班公湖-怒江洋板的拼合及板块向南的俯冲作用引起的岩浆活动与成矿作用有关。

1.1.3 矿床分布时间特征

从成矿作用影响的时间看,本区矿床的分布主要有两个成矿时期:

(1)班公湖-怒江蛇绿岩形成(洋盆形成时期):班公湖-怒江成矿带东部东巧-依拉山铬铁矿集中区铬铁矿赋存的蛇绿岩(如蛇绿岩中辉长岩),是伴随洋盆形成时代形成的,成矿时间是早侏罗世晚期(燕

山早期),如东巧铬铁矿床的成矿时间是 187.3 ± 3.7 Ma(U-Pb 同位素测年,夏斌,2008)。说明班公湖-怒江蛇绿岩带(洋盆形成时代)基本为早侏罗世。

(2)班公湖-怒江成矿带中西部屋索拉金矿形成(陆内俯冲挤压时期):屋索拉金矿的成矿时间是 $93 \sim 105$ Ma,即成矿时代为早白垩世的多岛弧-盆系演化时期。与班公湖-怒江蛇绿岩形成(洋盆形成时代)相比要晚 80 Ma。早白垩世晚期(燕山中晚期),小洋盆封闭后,区内保留残余海盆;晚白垩世,在弧陆碰撞后续的陆内俯冲挤压构造环境下,残余海盆消失,进入陆内造山阶段。

1.2 矿床成矿系列及其成矿作用特征

班公湖-怒江成矿带矿床成矿系列可划分为三个:班-怒缝合带与燕山早期岩浆作用有关的 Cr-Pt-Au-Cu-Fe 矿床成矿系列、班-怒缝合带与燕山中晚期岩浆作用有关的 Au-Cu-Ag-Pb-Zn-Sb 矿床成矿

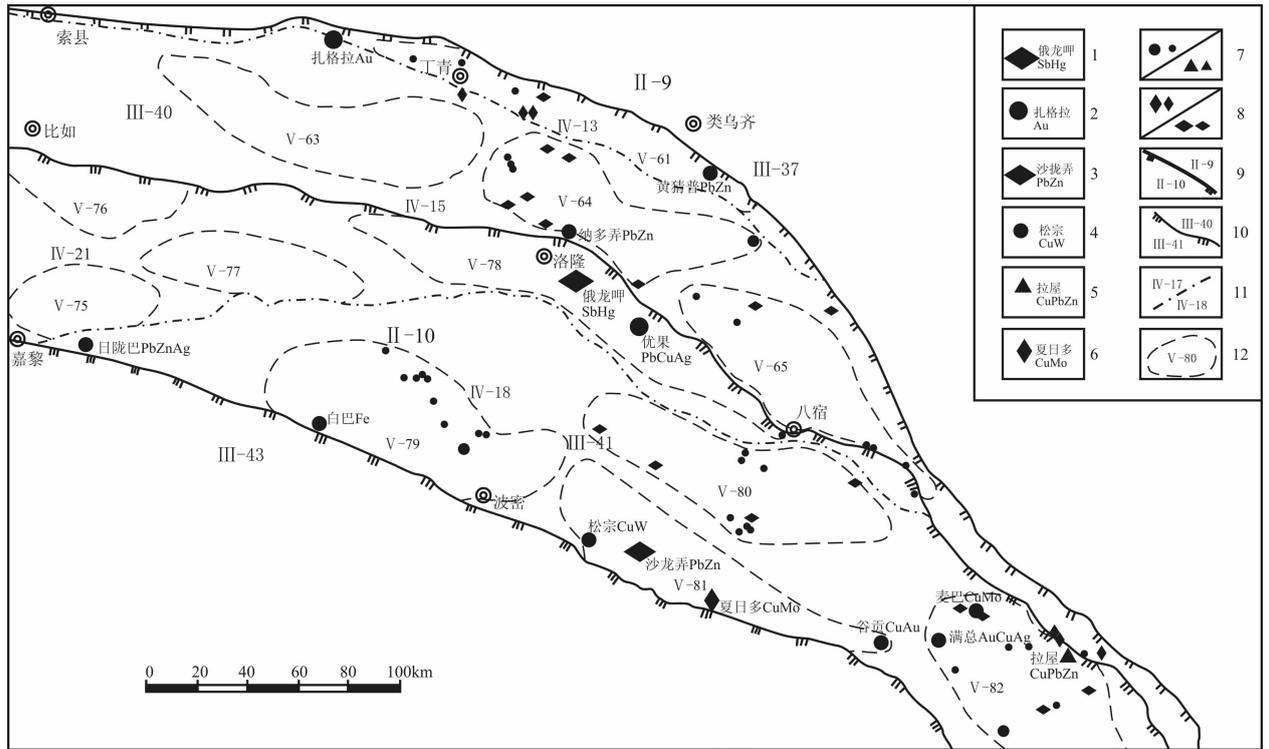


图3 西藏自治区大冈底斯成矿省北部(东段)矿产分布图

Fig. 3 Distribution map of deposits of the northern Great Gangdese metallogenetic province (eastern district) in Tibet Autonomous Region

1—大型层控热水改造型矿床(俄龙叩铋汞矿);2—中型热液型矿床(扎格拉金矿);3—中型层控热水改造型矿床(沙拢弄铅锌矿);4—小型热液型矿床(松宗铜钨矿);5—小型矽卡岩型矿床(拉屋铜铅锌矿);6—小型斑岩型矿床(夏日多铜钼矿);7—热液型/矽卡岩型矿点、矿化点(未列矿名称);8—斑岩型/热水改造型矿点、矿化点(未列矿名称);9—二级成矿区编号及分界线;10—三级成矿带编号及分界线;11—四级成矿区编号及分界线;12—五级成矿远景区编号及范围

1—Super stratabound-hydrothermal reformed deposit (Elongga Sb-Hg deposit); 2—medium hydrothermal type deposit (Zhagela golden deposit); 3—medium stratabound-hydrothermal reformed deposit (Shalongnong Pb-Zn deposit); 4—miniature hydrothermal type deposit (Songzhong Cu-W deposit); 5—miniature skarn type deposit (Lawu Cu-Pb-Zn deposit); 6—miniature porphyry type deposit (Xiariduo Cu-Mo deposit); 7—miniature skarn type deposit; 8—hydrothermal type/skarn type deposit; 9—the secondary metallogenetic district's number and the dividing line; 10—the third level metallogenetic belt's number and the dividing line; 11—the fourth level metallogenetic area's number and the dividing line; 12—the number and scope of the fifth level metallogenetic prospect

系列、班-怒带那曲-洛隆盆地与喜马拉雅期热液(流体)有关的 Pb-Zn-Cu 矿床成矿系列,各成矿系列进一步划分矿床成矿亚系列。

从矿床成矿作用的发展演化过程看,成矿作用从早到晚可划分为燕山旋回早期和中晚期及喜马拉雅期三个成矿阶段。班公湖-怒江成矿带(Ⅲ-40)的矿床成矿系列基本特征列入表1。下面简要阐述各矿床成矿系列(矿床式)的成矿作用特征。

1.2.1 班-怒缝合带与燕山早期岩浆作用有关的 Cr-Pt-Au-Cu-Fe 矿床成矿系列(xzMz₆)

该系列划分出东巧-依拉山地区与燕山早期基性-超基性岩浆岩有关的 Cr-Pt-Au 矿床成矿亚系列(xzMz₆₋₁),矿床式为东巧式 CrAu 矿(xzMz₆₋₁)。

东巧铬金矿为小型铬铁矿床,位于安多县城西南约 130 km,区域构造岩浆带属大冈底斯构造岩浆省的班公湖-怒江构造岩浆岩带的日土-丁青亚带,Ⅳ级构造单元属尼玛-聂荣段。

东巧矿床矿区内出露的地层主要为中侏罗统雁石坪群(J₂ys),岩性主要为长石石英砂岩、粉砂质板岩、安山岩、英安岩、玄武质安山岩,是矿床的最重要围岩。其次有下白垩统美日切组和新近系康托组。矿区内出露岩浆岩主要含铬铁矿的纯橄榄岩,次为斜辉辉橄岩。

东巧铬金矿床,从区域构造环境到矿床成因,前人做过许多研究工作(Girardeau et al,1984;叶培盛等,2004;王永锋等,2005;夏斌等,2008),矿区内铬铁

表 1 班公湖-怒江成矿带(Ⅲ-40)矿床成矿系列基本特征简表

Table 1 Metallogenic series of the Bangong Lake-Nu River metallogenic belt (Ⅲ -40)

成矿带 (系列组)	矿床成矿系列		矿床式 (矿种)	矿床 类型	围岩	时代年龄	实例
	系列	亚系列					
班公湖-怒江成 矿带(Ⅲ-40) xz 班-怒缝合带 Cr-Pt-Au Ag-Cu-Pb Zn-Sb-Fe 矿床 成矿系列组 (Ⅲ-40)	xzCz ₅ 班-怒带那 曲-洛隆盆地与喜 马拉雅期热液(流 体)有关的 Pb-Zn- Cu 矿床成矿系列	xzCz ₅₋₁ 纳多弄地区 与喜马拉雅期热 液(流体)有关的 Pb-Zn-Cu 矿床成 矿亚系列	纳多弄 PbZn	热液 (流体)型	上三叠统孟阿雄 群(T _{3m})生物碎 屑灰岩、白云质灰 岩;超基性岩、花 岗岩	喜马拉雅期 (60~30 Ma)	纳多弄
	xzMz ₅ 班-怒缝合 带与燕山中晚期 岩浆作用有关的 Au-Cu-Ag-Pb-Zn- Sb 矿床成矿系列	xzMz ₅₋₁ 屋素拉-扎 格拉地区与燕山 中晚期岩浆作用 有关的 Au-Ag-Pb- Zn-Cu 矿床成矿亚 系列	屋素拉式 Au	热液型	下一中侏罗统木 嘎岗日群(J _{1-2mg}) 板岩、砂板岩夹中 酸性火山熔岩	燕山中晚期 (105~93 Ma) (K-Ar 法)	屋素拉、商旭
			扎格拉式 Au	热液型	下一中侏罗统希 湖群(J _{1-2sh})板岩、 砂质板岩,夹石英 砂岩	燕山中晚期 (100~90 Ma)	扎格拉
xzMz ₆ 班-怒缝合 带与燕山早期岩 浆作用有关的 Cr- Pt-Au-Cu-Fe 矿床 成矿系列	xzMz ₆₋₁ 东巧-依拉 山地区与燕山早 期基性-超基性 岩浆岩有关 Cr-Pt- Au 矿床成矿亚系 列	东巧式 CrAu	岩浆岩型	中侏罗统雁石坪 群(J _{2ys}),长石石 英砂岩、粉砂质板 岩、安山岩、英安 岩;基性-超基性 岩、蛇绿岩	燕山早期 187.3±3.7 Ma (U-Pb 法)	东巧、依拉山、 切里湖、东风	

矿体具有成群出现、成带分布的特点。区内存在两种不同类型的铬铁矿床:第一种类型,矿体主要由中等一稠密浸染状矿石组成,矿体只产于纯橄岩中,与纯橄岩呈过渡关系;在两岩相带的接触带内,两种岩相的变换越频繁,则矿体的个数就可能越多。第二种类型,矿体主要由致密块状矿石组成,矿体不受单一岩相的控制,矿体与围岩一般为截然清楚的接触关系,比较明显地反映出受原生构造裂隙控制的特点。

东巧矿床铬铁矿造矿铬尖晶石中 Cr₂O₃ 含量较低,一般为 50%~52%,而 Al₂O₃ 的含量较高,属镁质铝铬铁矿或镁铁质铝铬铁矿。东巧矿床的铬铁矿为板块边缘构造带中的阿尔卑斯型铬铁矿,阿尔卑斯型铬铁矿多产于蛇绿岩之中,故亦称之为蛇绿岩型铬铁矿。

东巧铬金矿床为小型超基性岩浆岩型矿床,含矿辉长岩岩体的成矿年龄 187.3±3.7 Ma,班公湖-怒江缝合带西段舍马拉沟蛇绿岩中层状辉长岩的 Sm-Nd 等时线年龄为 191±22 Ma(邱瑞照等,2004),东段丁青东南辉长岩糜棱岩的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 193.3±3.3 Ma(游再平,1997)。以上这些同位素定年结果说明班公湖-怒江蛇绿岩带各段洋盆形成时代基本一致,均为早侏罗世(即成矿时代为燕山早期)。

1.2.2 班-怒缝合带与燕山中晚期岩浆作用有关的 Au-Cu-Ag-Pb-Zn-Sb 矿床成矿系列(xzMz₅)

该系列划分出屋素拉-扎格拉地区与燕山中晚期岩浆作用有关的 Au-Ag-Pb-Zn-Cu 矿床成矿亚系列(xzMz₅₋₁),矿床式为屋素拉式 AuAg 矿(xzMz_{5-1.1})和扎格拉式 Au 矿(xzMz_{5-1.2})。

1.2.2.1 屋素拉式 AuAg 矿(xzMz_{5-1.1})

屋素拉金银矿床为中型热液型矿床,位于改则县城东约 145 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的班公湖-怒江构造岩浆岩带的日土-丁青亚带,Ⅳ级构造单元属尼玛-聂荣段。

屋素拉矿区出露地层主要有下一中侏罗统木嘎岗日群(J_{1-2mg}),共分三个岩性段,岩性主要为板岩、砂板岩夹中酸性火山熔岩(安山玢岩、英安岩)。屋素拉矿床金矿体主要产于下一中侏罗统木嘎岗日群第二岩性段的砂板岩变形复理石建造内,与其伴生出现的有许多顺层的中酸性火山岩及燕山晚期中基性岩脉。

屋素拉-曲翁嘎日东拉(北东向)走滑-逆冲断裂带控制燕山中酸性火山岩和中基性岩脉分布,它可能是班-怒带碰撞后发育的韧-脆性断裂带。与此区域性大断裂平行的 NE 向次级挤压破碎带具多期活动特点,带内岩石挤压破碎现象明显,蚀变矿化普遍,石英细脉发育,已发现的金矿体均赋存于该组破

碎带内并受其控制。北东向断裂构造为金矿液的积聚、储存提供了有利空间,构成了本区的控矿构造。

屋素拉金矿区(含屋素拉、罗布日俄么、曲翁嘎日东拉三个矿段)共圈出金矿体 17 个,共探求金资源金属量 6733 kg,平均品位 3.54 g/t,属中型矿床。矿床成因类型属变质碎屑岩中脉(石英脉)型矿床,也有人认为是中低温热液蚀变破碎带型矿床或构造蚀变岩型金矿^①。

屋素拉金矿床成矿作用及矿床成因、成矿过程主要为多次的海底火山喷溢使金及其他成矿物质沉淀富集于木嘎岗日群中,形成金的高含量区,为金矿的形成提供了最原始的矿源层。俯冲碰撞时的区域低温动力变质作用和广泛的变质热液活动使矿源层中的金活化,并随变质热液迁移,在有利的构造空间得到初步富集;增生-碰撞过程中多期构造及岩浆热液活动是关键,构造挤压推覆过程中流体排泄,给含金流体的形成、迁移和聚集提供了有利的条件和场所,由于温度、压力、物理、化学条件的变化,在构造破碎带及构造裂隙中沉淀富集形成金矿体。

屋素拉矿床的成矿时代在早白垩世晚期(105~93 Ma),相当于燕山中晚期。研究中对金矿单矿物样品进行了 K-Ar 同位素年龄测定:与金矿化密切的闪长玢岩中角闪石 104.88 ± 2.39 Ma、斜长石 103.17 ± 1.53 Ma、钾长石 98.86 ± 1.47 Ma;铬绢云母化闪长玢岩中的钾长石 96.54 ± 1.39 Ma;浸染状黄铁矿化花岗闪长斑岩中斜长石 93.86 ± 2.41 Ma。上述 K-Ar 同位素年龄代表了本矿床成矿的年龄。

1.2.2.2 扎格拉式 Au 矿(xzMz_{5-1,2})

扎格拉金矿为中型热液型矿床,位于丁青县城西约 55 km(图 2),区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的班公湖-怒江构造岩浆岩带的怒江亚带,Ⅳ级构造单元属嘉玉桥段。

扎格拉矿区主要出露下一中侏罗统希湖群(J₁₋₂x)和上三叠统确哈拉群,下一中侏罗统希湖群岩性以碳泥质板岩、砂质板岩为主,夹有石英砂岩;确哈拉群中含有大理岩和少量火山岩。金矿床及一系列矿化点(异常)产出在下一中侏罗统希湖群陆源复理石建造中。希湖群碎屑岩类复理石建造,为大陆边缘沉积环境,属怒江燕山早期闭合混杂带的一部分。金矿主要产在希湖群建造中的逆冲推覆构造带,成矿构造环境应为结合带碰撞后构造-岩浆活动带,同样具有类似造山型金矿构造环境。

扎格拉矿床褶曲构造位于丁青结合带南侧(轴向 NW—SE)巴登-当堆复式向斜西段北翼的次级背

斜,该背斜两翼产状大多较陡,局部变化大。区内断裂构造变动极为强烈,区域性 NW—SE 走向的确哈拉断层表现为自南向北大规模的逆冲推覆,次级断裂、节理、裂隙发育,其次级断裂——区域性延伸的孟达断裂带控制主要的矿化和金异常分布。扎格拉矿床岩浆活动微弱,仅局部地方见到少量花岗岩脉和花岗斑岩脉分布(刘传权等,2006),但区域遥感解译显示有隐伏岩体存在的可能。

扎格拉金矿床与断裂构造关系极其密切,主要受孟达断裂控制,孟达断裂带从主控背斜核部北侧穿过。由于受挤压力的作用,背斜南翼大量发育北西—南东向断裂构造,构成北西—南东向束状断裂密集带,瓦学卡矿段局部出现有近南北向断裂,矿区南部发育近东西向断裂。瓦学卡矿段的近南北向断裂和近东西向断裂构造中均发现有金矿。扎格拉金矿床矿体沿北西—南东向韧-脆性断裂构造呈似层状、脉状或透镜状产出,近平行排列;由含金石英脉和含金构造蚀变岩型矿石组成。

扎格拉金矿形成时代为早白垩世晚期至晚白垩世早期(相当于燕山中晚期),即 100~90 Ma 之间。

1.2.3 班-怒带那曲-洛隆盆地与喜马拉雅期热液(流体)有关的 Pb-Zn-Cu 矿床成矿系列(xzCz₅)

该系列划分出纳多弄地区与喜马拉雅期热液(流体)有关的 Pb-Zn-Cu 矿床成矿亚系列(xzCz₅₋₁)矿床式为纳多弄式 PbZn 矿(xzCz₅₋₁)。

纳多弄铅锌矿为小型热液(流体)矿床,位于洛隆县城北东约 15 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的班公湖-怒江构造岩浆岩带的怒江亚带,Ⅳ级构造单元属那曲-洛隆段。

纳多弄矿床出露地层主要为前石炭系嘉玉桥群(AnCj_y)、石炭系—二叠系苏如卡岩组(C-Ps)、上三叠统孟阿雄群(T₃m)以及侏罗系。矿区出露地层总体北东部老,向南西部变新,呈北西—南东展布,赋矿岩性以生物碎屑灰岩、白云质灰岩和结晶灰岩为主,对成矿有利的地层单位主要是孟阿雄群(T₃m)生物碎屑灰岩建造。

纳多弄矿床内只有在嘉玉桥的北西有五个小于 1 km²的超基性岩体和两个小的花岗岩体出露,根据地表出露的范围看,均以岩墙和岩株为特征,据前人资料均为燕山晚期的产物。纳多弄矿床内褶皱构造较发育,发育嘉玉桥复式褶皱西翼和纳多弄背斜。断裂构造以康沙断裂带及其次级断裂为主,并发育日吉崩巴断裂带(分布于北东角),其间康沙断裂带

最北东断层对它们具分割作用。

纳多弄矿床成矿元素主要为 Pb 和 Zn 并伴生 Ag, 矿体断续出露于破碎带内(地表覆盖较大, 覆盖深度一般 3~10 m)。已圈定两个主要铅锌矿体, 矿体大都裸露地表, 成矿元素主要为 Pb 和 Zn, 伴生 Ag 品位较高, 矿体主要呈长椭圆状, 局部呈似层状, 倾角在 80°左右, 矿体长 300 m, 平均厚 11.5 m, 平均品位 Pb 8.04%、Zn 4.85%、Ag 79.51×10^{-6} 。

矿石结构主要有自形一半自形粒状、他形粒状结构, 矿石构造主要有条带状、浸染状、团块状、斑点状构造。铅锌矿石: 矿石矿物为方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、菱铁矿, 少量铅矾矿; 脉石矿物主要是石英、方解石。矿石氧化程度较深, 可见大量的褐铁矿氧化矿石和黄褐色铅锌矿氧化物, 按自然类型划分, 纳多弄铅锌矿区主要的矿石类型为氧化矿和原生硫化矿。

纳多弄矿床矿体围岩蚀变主要有黄铁矿化、碳酸盐化、硅化和泥化等, 矿床氧化带发育较宽, 说明该区氧化或蚀变作用强烈, 程度较深。黄铁矿化为寻找该类型矿体的重要标志。

根据矿床矿石矿物组合及矿石结构构造、矿体分布、围岩条件及大地构造环境分析(魏栋等, 2011), 认为本矿床为喜马拉雅期受碰撞造山作用所产生的逆冲推覆构造以及地层岩性控制的、与含矿流体大规模运移和演化有关的层控碳酸盐热液脉型矿床。在主碰撞造山阶段, 那曲-洛隆弧前盆地内的沉积地层在强烈的构造作用下大量脱水形成含有金属的盆地卤水, 当这些盆地卤水沿着深部的断裂系统(拆离滑脱带)长距离迁移的过程中, 进一步从所流经的岩层特别是碳酸盐岩地层中淋滤出铅锌等金属而成为含矿流体。这些含矿流体沿着高角度逆冲断裂产生向上的垂向迁移, 并且与强烈构造破碎的白云化灰岩发生水-岩反应, 产生热液蚀变, 并沉淀出矿质, 形成铅锌矿体。

纳多弄矿床为受断裂控制的和盆地流体活动有关的碳酸盐岩层控热液脉型铅锌矿床。根据矿床的形成与青藏高原碰撞作用所导致的含矿热液(流体)的大规模活动有关, 推测其形成于 60~30 Ma 左右的时间范围内。

2 北冈底斯成矿带

北冈底斯成矿带(Ⅲ-41), 亦称冈底斯北矿带, 北以班公湖-安多-碧土断裂为界, 南以狮泉河-觉翁-八宿断裂为界, 面积约 $10.048 \times 10^4 \text{ km}^2$, 呈狭窄条

带状近东西向展布。北冈底斯成矿带广大区域出露上白垩统竟柱山组(K_2j), 以区域性角度不整合于早前地层之上, 标志着残留中特提斯洋及其南侧弧间洋盆消亡、弧-陆碰撞造山作用。

2.1 矿床分布特征

北冈底斯成矿带(Ⅲ-41)金属矿床空间上主要分布在该区中东部的以下三个地区(四级成矿亚带): 班戈-洛隆成矿亚带(Ⅳ-17)、伯舒拉岭成矿亚带(Ⅳ-18)和狮泉河-申扎-嘉黎成矿亚带(Ⅳ-19)。

2.1.1 矿床分布

(1)班戈-洛隆成矿亚带(Ⅳ-17)分布的矿床有: 班戈县西南舍索地区的舍索铜金银矿、雄梅铁矿、日错伟铁矿; 尤卡朗-昂张地区的昂张铅锌银矿、尤卡朗铅锌银矿、郎青铅锌矿、桑雄铅锌矿、桑巴铅锌矿、章若铅锌矿; 洛隆县东南地区的俄龙呷锑汞矿、优果铅锌银矿。

(2)伯舒拉岭成矿亚带(Ⅳ-18)分布的矿床有: 嘉黎县以东(图3)的日拢巴铅锌银矿、白巴铁矿; 波密县东南部的松宗铜钨矿、沙拢弄铅锌矿、夏日多铜钨矿、谷贡铜金矿、满总铜金银矿、麦巴铜钨矿和拉屋铜铅锌矿等。

(3)狮泉河-申扎-嘉黎成矿亚带(Ⅳ-19)分布的矿床有: 玉古拉镍矿床、日拿金矿床等。

2.1.2 矿床空间分布特征

北冈底斯成矿带矿床主要集中分布在申扎-嘉黎一线的北部地区(亦称冈底斯北矿带), 本成矿带的矿床空间上主要分布于舍索、玉古拉、尤卡朗-昂张、俄龙呷-沙拢弄四个地区, 但四个地区产出的矿种及矿床类型各不相同: 舍索地区矿种主要为 Cu、Au、Ag、Fe, 矿床类型主要为矽卡岩型; 尤卡朗-昂张地区矿种主要为 Pb、Zn, 矿床类型主要为热液型; 玉古拉地区矿种主要为 Ni, 其次为 Au, 矿床类型主要为岩浆岩型; 俄龙呷-沙拢弄地区矿种主要为 Sb、Hg、Pb、Zn, 矿床类型主要为热液(流体)改造型。上述矿床的分布特征, 可能与狮泉河-申扎-嘉黎洋板块向北的俯冲-碰撞作用引起的岩浆活动与成矿作用有关。

2.1.3 矿床时间分布特征

从矿床形成的时间看, 玉古拉镍金矿成矿年龄 180~170 Ma(Ar-Ar 法和 U-Pb 法), 为燕山早期; 尤卡朗热液型铅锌银矿成矿时间是晚侏罗世一早白垩世(付少英等, 2008), 相当于燕山中晚期; 舍索矽卡岩型铜矿成矿年龄 $116.2 \pm 1.9 \text{ Ma}$ (赵元艺等, 2009), 为燕山晚期; 俄龙呷锑汞矿成矿时间是燕山

晚—喜马拉雅早期。由此看出,本区矿床的成矿时间分布规律为:玉古拉镍金矿(燕山早期)→尤卡朗铅锌银矿(燕山中晚期)→舍索铜矿(燕山晚期)→俄龙呷锑汞矿(燕山晚期—喜马拉雅早期),即北冈底斯成矿带矿床的成矿时间有由南向北(向东)逐渐变新的趋势。

2.2 矿床成矿系列及其成矿作用特征

北冈底斯成矿带矿床成矿系列,可划分为北冈底斯与燕山早期岩浆作用有关的 Ni-Au-Ag 矿床成矿系列、北冈底斯与燕山中晚期岩浆热液(流体)有

关 Cu-Au-Ag-Pb-Zn 矿床成矿系列、北冈底斯与燕山晚期岩浆热液作用有关的 Cu-Au-Ag-Pb-Zn-Fe-Mo 矿床成矿系列、北冈底斯东段与燕山晚期至喜马拉雅早期热液(流体)有关的 As-Hg-Sb 矿床成矿系列,各成矿系列进一步划分成矿亚系列。从矿床成矿作用的发展演化过程看,成矿作用从早到晚可划分为燕山早期、燕山中晚期、燕山晚期、燕山晚期—喜马拉雅早期四个成矿阶段。北冈底斯成矿带矿床成矿系列基本特征列入表 2。下面简述各成矿系列(矿床式)成矿作用特征。

表 2 北冈底斯成矿带(Ⅲ-41)矿床成矿系列基本特征简表

Table 2 Metallogenic series of the northern Gangdese metallogenic belt (Ⅲ -41)

成矿带 (系列组)	矿床成矿系列		矿床式 (矿种)	矿床类型	围岩	时代年龄	实例
	系列	亚系列					
北冈底斯成矿带(Ⅲ-41)	xzCz ₆ 北冈底斯东段与燕山晚期—喜马拉雅早期热液(流体)有关的 As-Hg-Sb 矿床成矿系列	xzCz ₆₋₁ 俄龙呷地区与燕山晚期热液(流体)有关的 As-Hg-Sb 矿床成矿亚系列	俄龙呷式 AsHgSb	热液 (流体)型	碳酸盐岩(T);侵入岩有英安斑岩和闪长岩	燕山晚期—喜马拉雅早期	俄龙呷
	xzMz ₇ 北冈底斯与燕山晚期岩浆热液作用有关的 Cu-Au-Ag-Pb-Zn-Fe-Mo 矿床成矿系列	xzMz ₇₋₁ 舍索地区与燕山晚期与岩浆热液作用 Cu-Au-Ag-Fe-Mo 矿床成矿亚系列	舍索式 CuAuAg	矽卡岩型	碎屑岩(T ₂₋₃);黑云母花岗岩、二长花岗岩斑岩	燕山晚期 116.2±1.9 Ma Ma (Re-Os)	舍索
xz 北冈底斯 Cu-Au-Ag-Pb-Zn Fe-Ni-Mo 矿床成矿系列组(Ⅲ-41)	xzMz ₈ 北冈底斯与燕山中晚期岩浆热液(流体)有关的 Cu-Au-Ag-Pb-Zn 矿床成矿系列	xzMz ₈₋₁ 尤卡朗-昂张地区与燕山中晚期岩浆热液(流体)有关的 Pb-Zn-Ag-Cu 矿床成矿亚系列	尤卡朗式 PbZnAg	热液 (流体)型	花岗斑岩、闪长斑岩、碎屑岩、角岩(P _{2x})	燕山中晚期	尤卡朗、桑巴、桑雄、郎青、章若
			昂张式 PbZnAg	热液 (流体)型	碳酸盐岩夹碎屑岩(C ₃ -P _{1l})、燕山晚期黑云母化花岗岩	燕山中晚期	昂张
	xzMz ₉ 北冈底斯与燕山早期岩浆作用有关的 Ni-Au-Ag 矿床成矿系列	xzMz ₉₋₁ 玉古拉地区与燕山早期超基性岩浆作用有关的 Ni-Au 矿床成矿亚系列	玉古拉式 NiAu	超基性岩浆岩型	上二叠统下拉组(P _{2x})灰岩夹粉砂岩、下白垩统卧荣沟组(K _{1w})安山岩、流纹岩;斜辉辉橄岩、纯橄岩	燕山早期 180~170 Ma (Ar-Ar, U-Pb)	玉古拉

2.2.1 北冈底斯与燕山早期岩浆作用有关的 Ni-Au-Ag 矿床成矿系列(xzMz₉)

该系列划分出玉古拉地区与燕山早期超基性岩浆作用有关的 Ni-Au 矿床成矿亚系列(xzMz₉₋₁),矿床式为玉古拉式 NiAu 矿(xzMz₉₋₁)。

玉古拉镍金矿为中型超基性岩浆岩型矿床,位于班戈县城南约 80 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的狮泉河-申扎-嘉黎亚带(Ⅲ-2-2),Ⅳ级构造单元属申扎-纳木错段。

玉古拉矿床矿区出露地层:上二叠统下拉组

(P_{2x})灰岩夹粉砂岩,在矿区从西到东连续分布;下白垩统卧荣沟组(K_{1w})辉石安山岩、安山岩、流纹岩、流纹质熔结凝灰岩等火山岩,局部偶夹中细粒石英砂岩,分布在矿区南西角和东部;上白垩统拉江山组(K_{1l})零星分布。

玉古拉矿床主要赋存于呈近东西向展布的蛇绿岩带(狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿岩带)的阿日超基性岩体中(岩体长 7 km,宽约 1.5 km)。该蛇绿岩带在区域上长约 80 km,宽 0.2~9.1 km,向南东方向延伸至纳木错西岸尖灭,与古生代、中生代地层多为断

层接触关系,但亦见几处侵入接触关系,多被新近纪地层覆盖。

关于成矿作用及矿床成因,玉古拉镍金矿化在超基性岩体中严格受岩体控制,主要岩性为斜辉辉橄岩与纯橄岩(为岩浆分异作用形成)。矿化岩石蚀变作用明显(主要为蛇纹石化),成矿作用受构造蚀变等作用影响,金属矿物分布不均,常见矿石构造由稀疏浸染→稠密浸染→团块状构造等,各种矿石类型均有发育,并以团块状、致密块状等产于辉橄岩中。

综合区域地质特征、赋矿岩性、主矿体与超基性岩体的密切关系、及矿化蚀变与矿石矿物、矿体产状特征等,表明玉古拉镍矿床的成矿与阿日超基性岩体的形成密切相关,即玉古拉成矿基本与超基性岩体同期形成,为燕山旋回早期与超基性岩浆作用有关的镍金矿床。

玉古拉矿床主矿体与阿日超基性岩体有密切的关系,本区蛇绿岩的辉长岩年龄为180~170 Ma (Ar-Ar法、锆石U-Pb法测年),因此认为该矿床是早一中侏罗世(即燕山旋回早期)产物。

2.2.2 北冈底斯与燕山中晚期岩浆热液(流体)有关的Cu-Au-Ag-Pb-Zn矿床成矿系列(xzMz₈)

该系列划分出尤卡朗-昂张地区与燕山中晚期岩浆热液(流体)有关的Pb-Zn-Ag-Cu矿床成矿亚系列(xzMz₈₋₁),矿床式尤卡朗式PbZnAg矿(xzMz_{8-1.1})和昂张式PbZnAg矿(xzMz_{8-1.2})。

2.2.2.1 尤卡朗式PbZnAg矿(xzMz_{8-1.1})

尤卡朗铅锌银矿为中型热液(流体)型矿床,位于那曲县城南约100 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的冈底斯-念青唐古拉构造岩浆岩带的北冈底斯亚带(Ⅲ-2-1),Ⅳ级构造单元属班戈-扎西则段。

尤卡朗铅锌银矿床,区内含矿地层为中上侏罗统拉贡塘组(J₂₋₃l),主要岩石为石英砂岩、砂质板岩、变石英砂岩、砂屑灰岩等,根据岩性组合特征分四个岩性段,铅锌矿体主要分布在第三、四岩性段内。说明本区铅锌矿化受地层控制明显。尤卡朗矿区内矿体受构造控制作用也很明显,铅锌矿体多呈似层状或大脉状,赋存于NE向断裂的次级断裂破碎带内,并严格受该组断裂构造系统控制(张哨波等,2009)。赋矿岩石为碎裂粉砂质板岩、砂屑灰岩及石英砂岩等,矿体矿化强度与构造带产状关系密切。

尤卡朗矿区围岩蚀变发育,主要有硅化、铁白云石化、绢云母化、钠长石化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿

泥石化等,其分布与断裂构造、热液活动密切相关,铅锌银矿化即产于较强的蚀变岩石带中。铅锌银矿体的硫同位素组成及流体包裹体研究表明(王涛等,2011),尤卡朗矿区矿床成矿物质主要来自地层,这与从矿区微量元素特征作出的结论一致。

总之,区域性断裂构造为含矿流体的运移提供了通道(付少英等,2008),而矿区内的次级断裂构造(NE向断裂破碎带)为成矿物质沉积、富集提供了沉积场所(容矿构造)。成矿机制为深部岩浆热液(流体)在运移过程中萃取围岩中的成矿物质,在NE向断裂构造带富集成矿。

2.2.2.2 昂张式PbZnAg矿(xzMz_{8-1.2})

昂张铅锌银矿为大型热液(流体)型矿床,位于嘉黎县城西约58 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的冈底斯-念青唐古拉构造岩浆岩带的北冈底斯亚带(Ⅲ-2-1),Ⅳ级构造单元属班戈-扎西则段。

昂张矿床矿区内矿床赋矿地层(来姑组)形成时代为上石炭世一下二叠世,矿床形成时代为晚侏罗世—早白垩世(相当于燕山中晚期)。该矿床位于嘉黎县阿扎镇程雄陀—昂张一带,北距那曲-嘉黎公路4 km。大地构造位置属于隆格尔-工布江达弧背断隆带东段北部,水珠-纳木错-嘉黎结合带南侧。

来姑组的主要岩性为灰黑色粉砂质泥板岩夹少量灰色白云岩、灰黑色微晶灰岩及灰白色大理岩,局部夹中一酸性火山岩。来姑组可划分为三段:下段为灰色泥板岩与灰岩互层;中段为一套灰黑色砂质板岩、白云岩与微晶灰岩不等厚互层(厚760 m);上段为一套灰褐色—紫红色砂质板岩夹砂岩。各岩性层一般厚15~30 m不等。

昂张矿区构造线呈近东西向,构造形迹主要为褶皱和断裂。较大褶皱有三个,轴向东西,平行展布。洛拉背斜被近东西向断层破坏,矿区只有零星出露。昂张背斜和其南侧的向斜是矿区内重要的控矿构造。

矿区的矿体分布于砂质板岩与白云岩、泥晶灰岩岩性转换部位,含矿岩石为灰色白云岩和泥晶灰岩。矿体与围岩呈渐变过渡关系,含矿岩系矿化蚀变较弱,局部具微弱的绢云母化、绿泥石化及碳酸盐化。已控制铅锌矿体四条,其中Ⅰ、Ⅱ号矿体规模最大。矿体追索长度大于5000 m,控制长度400 m至800 m,平均厚7.5 m,平均品位Pb 6.76%,Zn 5.59%。

各铅锌矿体均由两部分组成,矿体上部为灰色

微晶灰岩型铅锌矿石、中下部为灰色白云岩型铅锌矿石。两种类型的铅锌矿石均具他形细粒状结构,层纹状、条带状、薄层状及浸染状构造。矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿等。根据矿石类型的不同,脉石矿物可分为两类,灰岩型矿石主要为方解石,其次有少量石英、泥质物;白云岩型矿石主要为白云石,其次有少量石英、方解石。

根据矿体分布、产出特征、矿石矿物及矿石结构构造特征等,初步认为该矿床成因类型为热液(流体)型铅锌矿,成矿时代为燕山中晚期。

2.2.3 北冈底斯与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-Pb-Zn-Fe-Mo 矿床成矿系列 (xzMz₇)

该系列划分出舍索地区与燕山晚期岩浆热液作用有关的 Cu-Au-Ag-Fe-Mo 矿床成矿亚系列 (xzMz₇₋₁),矿床式为舍索式 CuAuAg 矿 (xzMz₇₋₁)。

舍索铜金银矿为中型矽卡岩型矿床,位于申扎县城北东约 90 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的冈底斯-念青唐古拉构造岩浆岩带的北冈底斯亚带(Ⅲ-2-1),Ⅳ级构造单元属班戈-扎西则段。

舍索铜金矿床区域地层复杂,出露地层有念青唐古拉群,为绿片岩相一角闪岩相副变质岩组合(刘妍等,2011);奥陶系、志留系为台地碳酸盐岩-碎屑岩组合;泥盆系、石炭系、二叠系出露于果芒错北东和西南两侧,为一套台地碳酸盐岩-碎屑岩-碳酸盐岩组合,与下伏志留系呈平行不整合接触;上侏罗统一白垩统则弄群为火山复陆源碎屑-礁碳酸盐岩-火山碎屑岩(熔岩)组合;上白垩统一始新统林子宗群广泛分布于盆地内,为钙碱性系列火山岩-火山碎屑岩-火山复陆屑组合;白垩系多尼组(K_{1d})和郎山组(K_{1l})广泛分布于矿区内,为类复理石-碳酸盐岩建造。其上被第三系火山-沉积岩覆盖,其下超覆于古生界残块之上。

矿区出露的岩浆岩主要有中酸性侵入岩,岩石类型主要有花岗闪长岩、石英闪长岩、似斑状黑云母花岗岩、花岗岩等。矿区南侧出露有北西西向的狮泉河-申扎蛇绿岩带,超基性岩呈带状展布,主要岩石类型为斜辉辉橄岩及纯橄岩、辉长岩等,侵入时代为燕山晚期(赵元艺等,2009)。

关于成矿作用及矿床成因,孙建东等(2011)认为,舍索铜金矿化主要产于花岗闪长岩体接触带矽卡岩、大理岩层间破碎带及顺层透辉石角闪岩透镜体中,常呈不规则脉状、似层状、透镜状产出。舍索铜

矿以矽卡岩含铜矿石为主,次为透闪透辉石英角岩铜矿石,总体属于矽卡岩型矿石。矿石中的辉钼矿测年结果表明(Re-Os 等时线为 116.2 ± 1.9 Ma),属燕山运动晚期(137~65 Ma)的产物。其成矿与班公湖-怒江带形成演化相关,为班公湖-怒江缝合带闭合-碰撞后阶段所形成的。

2.2.4 北冈底斯东段与燕山晚期—喜马拉雅期热液(流体)有关的 As-Hg-Sb 矿床成矿系列 (xzCz₆)

该系列划分出俄龙呷地区与燕山晚期—喜马拉雅期热液(流体)有关的 As-Hg-Sb 矿床成矿亚系列 (xzCz₆₋₁),矿床式为俄龙呷式 AsHgSb 矿 (xzCz₆₋₁)。

俄龙呷砷汞锑矿为大型层控热液(流体)型矿床,位于洛隆县城南东约 15 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的冈底斯-念青唐古拉构造岩浆岩带的北冈底斯亚带(Ⅲ-2-1),Ⅳ级构造单元属班戈-扎西则段。

俄龙呷矿区含矿岩系为三叠系灰岩,岩浆岩侵入岩有英安斑岩和闪长岩。

俄龙呷矿床矿区构造发育,主要为三叠系灰岩组成的背斜构造和与其相关的断裂构造,矿化主要产于背斜轴部和倾伏端,即产于该背斜灰岩地层中的构造断裂破碎带内,以及英安斑岩和闪长岩体发育的地段。

俄龙呷矿床矿体的分布,矿体主要被 F₁ 和 F₂ 两条断裂夹持,但矿体主要产于断裂构造破碎带内。矿石中主要矿物为雌黄,约占 90% 以上,次为雄黄、砷铁矾、硫磺和少量辰砂,为自形一半自形粒状结构,致密块状构造,少量为浸染状或网脉状构造。脉石矿物有方解石、石膏、萤石和叶腊石。矿石属优质富矿,其中 I 号矿体中砷平均含量 41.95%,硫平均含量 26.81%,为一大型砷矿床。

俄龙呷矿床为与燕山晚期至喜马拉雅期热液(流体)改造有关的热液(流体)型矿床,矿体产于英安斑岩和闪长岩体发育的地段,即在燕山晚期至喜马拉雅早期,英安斑岩等的浅层侵入和受碰撞造山作用所产生的逆冲推覆构造产生的热液(流体)作用,是成矿的主要成因。矿床成矿时代不清,根据英安斑岩等的发育和区域构造对比,暂定成矿时代为燕山晚期至喜马拉雅早期。

3 中冈底斯成矿带

中冈底斯成矿带(Ⅲ-42),北以狮泉河-觉翁断裂及阿果错-阿索-永珠断裂为界,南以左左-察来-德

仓及羊八井断裂为界,地处冈底斯-念青唐古拉复合岛弧区,面积约 $8.634 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全区侏罗纪—白垩纪地层较发育,石炭纪—二叠纪地层主要分布于隆格尔-冷青拉一带。

3.1 矿床分布特征

中冈底斯成矿带(Ⅲ-42)的矿床空间分布,可按革吉-雄巴-文部成矿亚带(Ⅳ-20)、朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带(Ⅳ-21)两个四级成矿亚带进行描述。

3.1.1 矿床分布

(1)革吉-雄巴-文部成矿亚带(Ⅳ-20)分布的矿床主要有:尕尔穷铜金矿床、窝肉金矿床、波拉扎铜钼矿床、江拉昂宗铜银锌多金属矿床。

(2)朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带(Ⅳ-21)分布的矿床主要有:巴弄坐寺铜银矿床、嘎曲铜矿床、陈雄铜矿床、甲岗钨钼矿床。

3.1.2 矿床空间分布特征

中冈底斯成矿带分布于革吉-雄巴-文部成矿亚带的尕尔穷矿床、窝肉矿床、波拉扎矿床和江拉昂宗矿床等都紧靠北冈底斯的狮泉河-申扎蛇绿岩带分布;分布于朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带的巴弄坐寺矿床、嘎曲矿床、陈雄矿床和甲岗矿床(四个矿床),具有近等距分布特点。矿床此种分布特点与狮泉河-申扎蛇绿岩带的形成演化及后期近南北向控制的构造与成矿作用有关。

3.1.3 矿床时间分布特征

中冈底斯成矿带近东西向两个成矿亚带的矿床,

其成矿时间不同,从成矿作用影响的时间看,分布于成矿带北边的革吉-雄巴-文部成矿亚带的矿床的成矿时间是燕山中晚期,如尕尔穷铜金矿床的成矿时间是 89.7 Ma,其矿床的形成时代对应于狮泉河-申扎早白垩世期间的弧-盆系演化时期。而分布于成矿带南边的朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带的矿床的时间是喜马拉雅中晚期,如甲岗钨钼矿床的成矿时间是 $21.37 \pm 1.55 \text{ Ma}$ (Re-Os 同位素测年,王治华,2006),即本成矿带矿床的形成与中新世以来区域地质构造及演化的成矿作用有关,说明中冈底斯地区矿床的成矿时间由北往南,成矿作用时间越来越晚。

3.2 矿床成矿系列及其成矿作用特征

中冈底斯成矿带(Ⅲ-42)矿床成矿系列,可划分为革吉-雄巴-文部与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-Zn-Mo-Cs 矿床成矿系列、朗久-塔诺错-纳木错与喜马拉雅期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-W-Mo-Bi 矿床成矿系列,各成矿系列进一步划分矿床成矿亚系列。从矿床成矿作用的发展演化过程看,成矿作用从早到晚可划分为燕山旋回、喜马拉雅旋回两个成矿阶段。燕山旋回与晚侏罗世侵位的中酸性岩浆岩及斑岩有关,主要为矽卡岩型铜金矿床、热液型铜金铅锌矿床;喜马拉雅旋回成矿阶段主要为与新生代岩浆热液作用有关的钨钼铋矿床。中冈底斯成矿带(Ⅲ-42)的矿床成矿系列基本特征列入表 3。下面简要论述各矿床成矿系列(矿床式)成矿作用特征。

表 3 中冈底斯成矿带(Ⅲ-42)矿床成矿系列基本特征简表

Table 3 Metallogenic series of the Middle Gangdise metallogenic belt (Ⅲ -42)

成矿带 (系列组)	矿床成矿系列		矿床式 (矿种)	矿床 类型	围岩	时代年龄	实例
	系列	亚系列					
中冈底斯成矿带(Ⅲ-42)	xzC ₂₇ 朗久-塔诺错-纳木错与喜马拉雅期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-W-Mo-Bi 矿床成矿系列	xzC ₂₇₋₁ 甲岗地区与喜马拉雅期岩浆作用有关的 W-Mo-Bi 矿床成矿亚系列	甲岗式 W ₂ Mo ₁ Bi	热液 石英脉型	石炭系永珠群(C _{1-2y})砂板岩、火山岩和灰岩;二长花岗岩(N ₁)	喜马拉雅期 $21.37 \pm 1.55 \text{ Ma}$ (Re-Os)	甲岗
		xzM ₂₁₀₋₁ 尕尔穷-波拉扎地区与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-Mo 矿床成矿亚系列	尕尔穷式 CuAu	矽卡岩型	下白垩统多爱组(K _{1d})灰岩、大理岩夹泥岩、岩屑砂岩;花岗闪长岩	燕山晚期 89.7 Ma	尕尔穷、嘎啦勒(窝肉)、波拉扎
	xzM ₂₁₀₋₂ 江拉昂宗地区与燕山晚期岩浆作用有关 Cu-Au-Ag-Zn 矿床成矿亚系列	江拉昂宗式 CuAgZn	矽卡岩型	中二叠系下拉组(P _{2x})灰岩、大理岩;二长花岗岩	燕山晚期	江拉昂宗	

3.2.1 革吉-雄巴-文部与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-Zn-Mo-Cs 矿床成矿系列 (xzMz₁₀)

3.2.1.1 尕尔穷-波拉扎地区与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-Mo 矿床成矿亚系列 (xzMz₁₀₋₁)

该亚系列矿床式为尕尔穷式 Cu Au 矿 (xzMz₁₀₋₁)。

尕尔穷铜金矿为中型矽卡岩型矿床,位于革吉县城西北约 30 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的中冈底斯亚带,Ⅳ级构造单元属雄巴-文部段。

尕尔穷矿床区内出露的地层岩性有:二叠系上统下拉组(P_{3x})砂屑灰岩夹硅质灰岩、硅质泥晶灰岩;白垩系上统竟柱山组(K_{2j})砾岩夹生屑泥晶灰岩;白垩系下统灰岩、碎屑岩夹火山岩(凝灰岩、玄武岩、流纹岩、粗面岩、安山岩、火山角砾熔岩等)。赋矿地层为白垩系下统多爱组(K_{1d}),为一套过渡型至稳定型浅海相碳酸盐岩夹碎屑岩建造,岩性为灰岩、大理岩夹泥岩、岩屑砂岩、砂砾岩等,在与侵入岩接触带部位有大理岩化、矽卡岩化、角岩化及硅化蚀变。

矿区内构造以断裂构造为主,褶皱构造不完整。矿区内发育两条较大断裂构造,总体产状倾向东南,倾角近于直立,沿断层形成脉状矿化,是矿区的导矿构造。由应力作用派生出一系列次级构造体系,控制了后期含矿热液交代成矿的矿体形态规模。

矿区内岩浆活动频繁,燕山中晚期的中性-中酸性侵入岩分布较广。与成矿有关的侵入岩主要为花岗闪长岩、花岗闪长斑岩。区内浅成-超浅成侵入体多以岩株、岩枝、岩脉形式产出,沿裂隙构造充填贯入,产于侵入体内部或长英角岩、大理岩内,显示出岩浆长期活动特点。超浅成侵入体岩相分带不规则,为同一物质成分的母源岩浆活动分异产物。

尕尔穷矿区现已发现铜金矿(化)体 9 个,主矿体沿走向(NW—SE向)断续延伸约 480 m,矿体顺层产出,赋矿岩石为石榴石硅灰石矽卡岩、长英质角岩,矿体整体呈似层状。

尕尔穷铜金矿床热液成矿作用分两期:①早期成矿阶段(岩浆热液阶段),花岗闪长岩沿接触带交代形成矽卡岩,矿化品位较低,矿石类型以稀疏浸染状或星点状为主。②后期成矿阶段(热液叠加阶段),后期矿液沿次级构造的充填交代,不仅改造了早期矿化类型,而且伴随这一阶段的多期次反复运移沉淀作用,使矿体品位大大提高,并最终形成具有

一定规模的工业矿体。

尕尔穷矿区含矿岩石测得成矿年龄 89.7 Ma,即成矿作用发生于中晚白垩世(相当于燕山晚期)。尕尔穷矿床北靠近狮泉河-申扎蛇绿岩带分布,推测成矿作用伴随狮泉河-申扎洋的消亡,早-中白垩世向南俯冲,在北冈底斯增生所形成的楔形增生体上有中酸性岩体侵位,并同时形成了矽卡岩型矿床。尕尔穷矿床以东的波拉扎矽卡岩型铜矿床受控于相同的构造-岩浆成矿作用环境,暗示该区有寻找该类型铜矿的潜力。

3.2.1.2 江拉昂宗地区与燕山晚期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-Zn 矿床成矿亚系列 (xzMz₁₀₋₂)

该亚系列矿床式为江拉昂宗式 Cu AgZn 矿 (xzMz₁₀₋₂)。

江拉昂宗铜银锌矿床为中型矽卡岩型矿床,位于尼玛县城南西约 70 km,区域构造岩浆岩带属大冈底斯构造岩浆省的中冈底斯亚带,Ⅳ级构造单元属雄巴-文部段。

江拉昂宗矿床矿区内出露的地层有:泥盆系达尔东组(D_{1d})、朗玛组(D_{2l})、查果罗马组(D_{3c}),岩性主要为灰岩夹紫红色页岩。石炭系分上、下统,下统岩性以碳酸盐岩为主,向上过渡为泥质、粉砂质碎屑岩;上统以含砾碎屑岩为主。二叠系下拉组(P_{2x},主要赋矿地层),岩性为厚层状灰岩、大理岩夹紫红色砂质灰岩及生物碎屑灰岩。白垩系下统则弄群,岩性为变质中粒长石岩屑砂岩与黑色页岩、泥岩互层,间夹火山角砾凝灰岩、酸性火山角砾岩。

江拉昂宗矿床矿区内的主要构造线方向为近东西向,发育一系列的背斜、断裂。在主构造两侧有次级的北西-南东向小断裂发育。

江拉昂宗矿床矿区内岩浆岩主要为燕山晚期中酸性侵入岩(夏噶日岩体),侵入于上古生界和中生界,最高侵位可达白垩系下统,出露面积大于 50 km²。矿区内主要的侵入岩为晚白垩世侵入的正长花岗岩和二长花岗岩,矿化主要与二长花岗岩有关,因此,成矿时代为晚白垩世(即燕山晚期)。

江拉昂宗矿床矿区内矿体主要赋存在二长花岗岩与中二叠统下拉组(P_{2x})灰岩、大理岩接触带的矽卡岩中,受接触破碎带控制,呈带状。矿体总体走向北西,主要倾向南西。矿石矿物成分较简单,金属矿物以黄铜矿为主,黄铁矿、闪锌矿、方铅矿次之。根据上述矿化特征,矽卡岩型铜矿成矿具有明显的多期、多阶段活动特点,即矽卡岩成矿可以划分为:

①早期矽卡岩化及成矿阶段;②热液交代早期局部富集成矿阶段;③晚期热液呈细脉状或网脉状充填于矽卡岩体或矽卡岩体外围岩石阶段;④表生氧化期形成孔雀石、铜蓝、褐铁矿阶段。

关于江拉昂宗矿床的成矿作用及矿床成因,随着燕山晚期二长花岗岩体的侵入带来了大量的成矿热液,岩体富钾及钾化蚀变作用有利于铜进入热液。当岩体侵位于中、浅部位的碳酸岩盐等有利围岩时,岩浆期后气液向岩体的顶部及边部集中,在早期高温阶段(超临界状态)流体通过交代或渗滤交代作用形成矽卡岩及低品位铜矿化;其后沿接触带上升的含矿岩浆热液充填、交代早期矽卡岩矿石矿物,并进一步富集成矿,蚀变强烈处形成较富矿体。成矿元素主要为铜、银、锌等,成矿物质来源于岩浆岩热液,少量来自围岩(具面型分布特征)。因此,本矿床为燕山晚期岩浆热液充填、交代作用形成的矽卡岩型矿床。

3.2.2 朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带与喜马拉雅期岩浆作用有关的 Cu-Au-Ag-W-Mo-Bi 矿床成矿系列(xzC_{z7})

该系列划分出甲岗地区与喜马拉雅期岩浆作用有关的 W-Mo-Bi 矿床成矿亚系列(xzC_{z7.1}),矿床式为甲岗式 WMoBi 矿(xzC_{z7.1})。

甲岗钨钼铋矿为中型热液型矿床,位于申扎县城南约 30 km,区域构造岩带属大冈底斯构造岩省的中冈底斯亚带,Ⅳ级构造单元属措勤-德庆段。

甲岗矿床区内出露地层主要有石炭系永珠群(C_{1.2y})砂板岩、火山岩和灰岩(赋矿层位);下二叠统灰岩(主要见于矿区北部);古近纪-新近纪火山岩系火山角砾岩(分布面积较小)。

区内断裂构造发育,可分为 NE 向、NW 向、近 EW 向和 SN 向等多组,其中近 SN 向(NNE 向断裂)是主要控矿构造。断裂内岩石碎裂程度较高,破裂面密集,显示具有多次活动特征。

区内岩浆活动较为强烈,岩性以花岗闪长岩和白云母二长花岗岩为主。葛良胜等(2004,2005)对本区岩浆岩的年龄测试结果表明,存在燕山晚期(全岩 K-Ar 法年龄值为 114~90 Ma)和喜马拉雅早期(全岩 K-Ar 法年龄值为 65~50 Ma)两期岩浆活动。花岗岩化学成分研究表明,侵入体普遍富硅,低铁、镁、钙,贫碱,一般 Na₂O<K₂O,铝不饱和或近饱和,成因上主要属 S 型或过渡型,少数为 I 型花岗岩,与钨、钼、铜多金属成矿的关系极为密切。另外,程立人等(2002)采用 U-Pb 法测得控矿岩体(二长花岗岩)的同位素年龄为 22.22 Ma,表明甲岗矿区

内岩浆活动具有多期特征。

甲岗矿床的矿化产于二长花岗岩与石炭系下统永珠组砂岩的内外接触带,该带矿化围岩蚀变极为发育,类型多样(主要有硅化、云英岩化、矽卡岩化和方解石化),平面上具有明显的分带特征。区内金属矿化分布特征为:中北部主要为以铜、金、银等为主的多金属矿化,而西南部则为钨、钼、铋(铜)多金属矿化。后期的地质勘查表明,矿区向南又转以金、银多金属矿化为特点。因此,可以认为本区矿化的分布具有中部钨、钼、铋矿化为中心向外渐变为铜、金、银矿化的分带特征。两种不同类型的矿化由于控制条件不同而具有不同特点。

就目前勘查结果看,甲岗矿床钨+钼+铋金属量达 11507.23 t,规模为中型。钨、钼矿化规模较大(远超过铜、金矿化),矿化主要有近 SN 向组和近 EW 向两组。赋矿岩石为喜马拉雅早期中粗粒白云母化二长花岗岩,在花岗岩体内接触带中的矿脉规模大且稳定,而在外接触带的矿脉多数规模较小,但数量较多,且方向不一,品位变化大。钨-钼矿石中主要金属矿物为黑钨矿和辉钼矿,其次有黄铜矿、白钨矿、辉铋矿及其氧化物铜蓝等。

关于甲岗矿床成矿的时间与成矿作用特征,王治华等(2006,2007)对甲岗雪山钨钼铋多金属矿床的辉钼矿进行了 Re-Os 定年(模式年龄为 21.37±1.55 Ma),为喜马拉雅中期。有关甲岗矿床成矿作用,根据矿床地质特征及岩浆岩和火山岩地质地球化学特征,认为甲岗地区是一个以钨、钼、铋、铜、金等元素为主的多金属成矿集中区,其中钨、钼矿化主要形成于喜马拉雅早-中期酸性岩浆活动阶段,是中高温岩浆含矿热液充填交代的产物,钨、钼矿化构成了矿区的中心,形成于喜马拉雅中期稍早的岩浆热液阶段;在钨、钼矿化区的外围,广泛发育有与同期岩浆活动稍晚的中低温铜、金、银、铅、锌矿化,平面上呈现出一个从中心向外,由中高温成矿元素到中低温成矿元素组成的分带现象,并由此构成了一个相对完整的与大陆碰撞后陆内伸展构造背景相关的从中高温到中低温多金属成矿系列。矿床的形成与喜马拉雅早-中期碰撞后陆内伸展构造背景的中酸性岩浆活动有密切联系,属典型的岩浆气液充填型黑钨矿-石英大脉型矿床。

4 大冈底斯成矿省北部区域成矿地质构造环境(成矿模式)

大冈底斯北部(包括班公湖-怒江、北冈底斯、中

冈底斯三个成矿带)的区域成矿地质环境和成矿作用特征,国内许多学者(侯增谦等,2005,2010;Hou Zengqian et al,2009;曲晓明等,2006;潘桂棠等,2006,2012)都有广泛深入的研究。本文在综合总结前人资料的基础上,对该区域成矿地质环境及成矿作用特征进行论述,认为本区域总体受班公湖-怒江洋形成演化作用及其支洋狮泉河-申扎-嘉黎中特提斯洋形成演化作用控制,简要阐述如下。

4.1 班公湖-怒江洋形成演化对成矿作用的控制

(1)班公湖-怒江洋形成演化对形成铬铁矿的控制:伴随洋盆的形成时代而形成的铬铁矿矿床(洋盆形成时代为 T_3-J_2 ,图4A),在主缝合带南、北两亚带分别有依拉山、切里湖铬铁矿床和东巧、东风铬铁矿床。铬铁矿床的成矿受区域地质构造演化影响明显,是本区构造体系控制相关矿床成矿的最大特点。班公湖-怒江结合带中段分布于尼玛、东巧、安多至索县一带,东西长近600 km,南北宽100 km。组成本带蛇绿岩的玄武岩,总体上属亚碱性系列钠质洋岛型拉斑玄武岩,构造背景属洋脊玄武岩,形成于洋盆环境,本区铬铁矿即产于此类型蛇绿岩中。

(2)班公湖-怒江洋形成演化对形成金矿的控制:屋索拉金矿的成矿受班公湖-怒江洋闭合碰撞作用控制(屋索拉金矿成矿时代94~105 Ma),对应于早白垩世晚期,即班公湖-怒江带多岛弧-盆系洋陆转化阶段。在主缝合带南侧出现岛弧型火山岩浆活

动及屋索拉金矿成矿。屋索拉地区金矿的成矿受多岛弧-盆系的洋-陆转化(区域地质构造演化)的影响,是本区构造体系控制相关矿床成矿的又一特点。

4.2 狮泉河-申扎-嘉黎中特提斯洋形成演化对成矿作用的控制

(1)狮泉河-申扎-嘉黎中特提斯洋形成演化对形成镍矿的控制:在北冈底斯中部的拉果错-申扎-嘉黎一带,于晚侏罗世至早白垩世时期发育中特提斯支洋盆(拉果错洋盆,形成时代 J_3-K_1 ,图4B),随着洋盆的扩展,在洋脊之下地幔底辟上升因减压等地质作用导致地幔岩的部分熔融,分异熔融晚期,镍磁铁矿汇聚成小矿囊,并在熔融岩浆逐渐冷却形成超基性岩的有利部位沉淀成矿,后随板块俯冲消减-陆陆汇聚,深部超基性岩体逆冲至地壳浅表,被剥蚀形成现在产出的矿床。如玉古拉Ni矿为本区燕山中期超基性岩浆岩型矿床,即与晚侏罗世至早白垩世超基性岩体同期形成。

(2)狮泉河-申扎-嘉黎中特提斯洋形成演化对形成铜金银钨矿的控制:中冈底斯成矿带分布于革吉-雄巴-文部成矿亚带的尕尔穷铜矿床、窝肉金矿床、波拉扎铜矿床和江拉昂宗铜银钨矿床等都紧靠北冈底斯的狮泉河-申扎蛇绿岩带分布(形成时代 K_2-E ,图4C);分布于朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带的巴弄坐寺铜矿床、嘎曲铜矿床、陈雄铜矿床和甲岗钨矿床(四个矿床),具有近等距分布特点。矿床

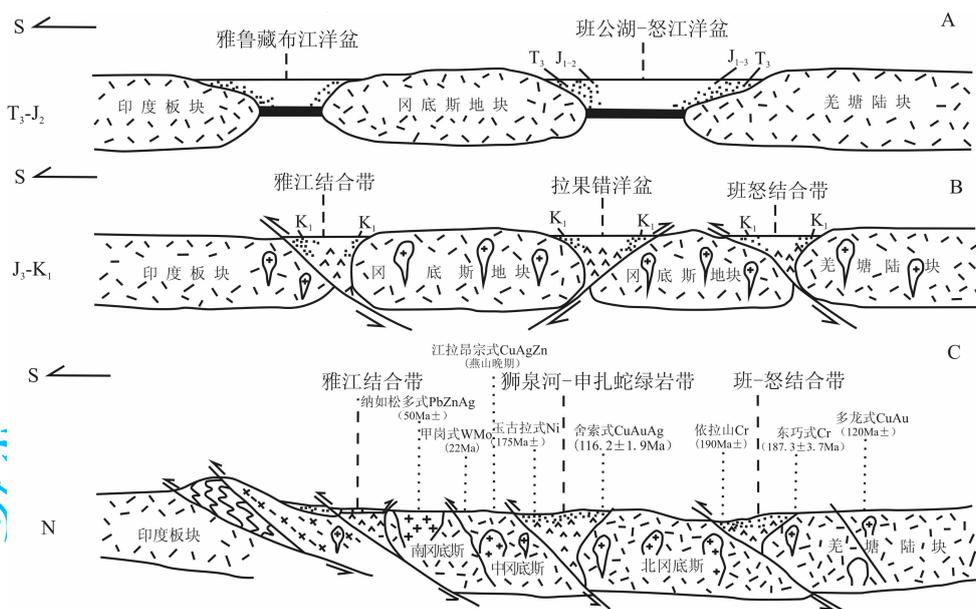


图4 班-怒结合带与狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿岩带形成演化对成矿控制图(成矿模式)

Fig. 4 The ore-controlling (metallogenic model) graph of Bangong Lake-Nujiang River combined belt and Shiquanhe-Shenzha-Jialiophiolite belt's formation and evolution

此种分布特点与狮泉河-申扎蛇绿岩带的形成演化及后期近南北向控制的构造与成矿作用有关。

值得注意的是,念青唐古拉成矿亚带(中西段)燕山中晚期岩浆岩作用有关的铁矿,如大型尼雄砂卡岩型铁矿,其成矿作用与区内花岗闪长岩和二长花岗岩密切相关,而这些花岗闪长岩和二长花岗岩的形成与班公湖-怒江残余洋壳向南俯冲有关。于玉帅等(2011)认为,本区在早白垩世晚期,由于冈底斯地块与羌塘地块开始对接碰撞,减缓了两地块汇聚的速率,导致已俯冲的班公湖-怒江洋壳在重力拖拽下发生板片回转,引发软流圈物质上涌,其所带来的巨大热能使岩石圈地幔和上覆地壳发生部分熔融,并发生岩浆混合,形成以壳源为主的壳幔混源岩浆,在则弄火山岩浆弧南侧的弧后拉张区上侵,形成尼雄矿田区内与铁矿有关的花岗闪长岩和二长花岗岩。

5 结论

(1)西藏大冈底斯北部包括班公湖-怒江成矿带、北冈底斯成矿带和中冈底斯成矿带的矿产地质特征主要表现为随着班公湖-怒江洋盆的形成(燕山早期)与关闭(燕山中晚期),形成一套与之相应的燕山早期岩浆型矿床和燕山中晚期岩浆热液或热液(流体)型矿床,及在班-怒带弧-盆系演化阶段形成的喜马拉雅中晚期岩浆热液或热液(流体)型矿床。

(2)西藏大冈底斯北部的金属矿床类型主要有岩浆岩型、岩浆热液型(主要为砂卡岩型)、热液(流体)型,矿床规模总体都不大,除尕尔穷铜金矿、昂张铅锌银矿等少数大型矿床外,大多为中小型矿床,成矿时代主要为燕山期(燕山早期和燕山中晚期),少为喜马拉雅期。

(3)班公湖-怒江成矿带矿床成矿系列主要有:与燕山早期(洋盆形成时期)岩浆作用有关的矿床成矿系列,如东巧式铬矿;与燕山中晚期(陆内俯冲挤压时期)岩浆热液作用有关的矿床成矿系列,如屋索拉式金矿;班-怒带那曲-洛隆盆地与喜马拉雅期流体作用有关的矿床成矿系列,如纳多弄式铅矿等。

(4)北冈底斯成矿带矿床成矿系列主要有:申扎-嘉黎一线北部地区(亦称冈底斯北矿带)与燕山早期岩浆作用有关的矿床成矿系列,如玉古拉式镍矿;与燕山中晚期岩浆热液或热液(流体)作用有关的矿床成矿系列,如舍索式铜金银矿、昂张式铅锌银矿;与燕山晚期—喜马拉雅早期热液(流体)作用有关的矿床成矿系列,如俄龙呷式锑汞矿。

(5)中冈底斯成矿带矿床成矿系列主要有:北边

革吉-雄巴-文部成矿亚带与燕山中晚期岩浆热液作用有关的矿床成矿系列,如尕尔穷式铜金矿、江拉昂宗式铜银锌矿;南边朗久-塔诺错-纳木错成矿亚带与喜马拉雅中晚期岩浆热液成矿作用有关的矿床成矿系列,如甲岗式钨钼铋矿等。

致谢:在论文编写过程中自始至终得到西藏自治区国土资源厅、西藏自治区地质矿产勘查开发局、地质调查院、成都理工大学、中国地质科学院矿产资源研究所等单位领导在工作各方面给予的支持和帮助,特别是周详高工对论文中区域成矿模式图编制的指导、修改和王登红研究员在论文编写过程中的多次悉心指导及论文编辑出版方面给予的帮助,在此对上述相关人员表示衷心的感谢。

注释

- ① 曾庆高. 2001. 西藏自治区尼玛县屋索拉—热嘎巴一带岩金成矿规律研究. 西藏自治区地质矿产勘查开发局.

参考文献

- 付少荣, 靳拥护, 张哨波, 王福全. 2008. 西藏那曲县尤卡朗铅银矿床地质特征及成因分析. 矿产与地质, 22(5): 412~417.
- 程立人, 王天武, 徐锋, 等. 2002. 中华人民共和国中扎幅(1:25万)区域地质调查报告. 吉林大学地质调查院.
- 葛良胜, 邹依林, 邢俊兵, 等. 2004. 西藏中扎县甲岗雪山钨钼多金属矿产地的发现及意义. 地质通报, 2004(9~10): 1033~1039.
- 葛良胜, 邓军, 邹依林, 邢俊兵, 武玉海, 张学军, 马建文, 李兴模. 2005. 西藏冈底斯地块北缘甲岗雪山钨-钼-铋-铜-金多金属矿床地质特征及成因初步研究. 矿产与地质, 19(3): 253~259.
- 侯增谦, 高永丰, 孟祥金, 等. 2005. 西藏冈底斯中新世斑岩铜矿带: 埃达克质斑岩成因与构造控制. 岩石学报, 20(2): 239~248.
- 侯增谦. 2010. 大陆碰撞成矿论. 地质学报, 84(1): 30~58.
- 刘传权, 赵建敏, 刘振宏. 2006. 西藏丁青县扎格拉金矿的发现及地球化学找矿效果. 华南地质与矿产, (1): 22~27.
- 刘妍, 赵元艺, 崔玉斌, 吕丽娜, 聂凤军. 2011. 西藏舍索铜多金属矿床岩相学、矿相学特征及其成因意义. 岩石学报, 27(7): 2109~2131.
- 潘桂棠, 莫宜学, 侯增谦, 等. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化. 岩石学报, 22(3): 521~533.
- 潘桂棠, 王立全, 李荣社, 等. 2012. 多岛弧盆系构造模式: 认识大陆地质的关键. 沉积与特提斯地质, 32(3): 1~20.
- 邱瑞照, 周肃, 邓晋福, 李金发, 肖庆辉, 蔡志勇. 2004. 西藏班公湖-怒江西段舍马拉沟蛇绿岩中辉长岩年龄测定——兼论班公湖-怒江蛇绿岩带形成时代. 中国地质, 31(3): 262~268.
- 曲晓明, 辛洪波. 2006. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境. 地质通报, 25(7): 792~799.
- 孙建东, 孙燕, 张林, 赵涵, 程超杰, 周丽芹. 2011. 浅析西藏自治区舍索铜矿床地质特征及成矿过程. 四川有色金属, 2011(2): 11~16.
- 魏栋, 钟康惠, 宋小琴, 赵德坤, 刘清双. 2011. 西藏纳多弄铅锌矿床地质特征与成因探讨. 四川有色金属, (3): 14~19.
- 王永锋, 郑有业, 金振民. 2005. 西藏东巧方辉橄橄岩的显微构造特征及其流变学意义. 地球科学(中国地质大学学报), 30(1): 52~60.

王涛, 赖健清, 冯志兴, 宋学军. 2011. 西藏尤卡朗铅银矿流体包裹体研究. 地质科学, 46(2): 549~558.

王治华, 王科强, 喻万强, 黄辉, 吴兴泉. 2006. 西藏申扎县甲岗雪山钨钼(铋)多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其意义. 安徽地质, 16(2): 112~115.

王治华, 吴兴泉, 王科强, 喻万强, 黄辉, 马德锡. 2007. 西藏申扎县甲岗雪山钨钼铋多金属矿床稳定同位素地球化学特征及矿床成因探讨. 地质与勘探, 43(3): 6~10.

夏斌, 徐力峰, 韦振权, 张玉, 王冉, 李建峰, 王彦斌. 2008. 西藏东巧蛇绿岩中辉长岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义. 地质学报, 82(4): 528~531.

叶培盛, 吴珍汉, 胡道功, 江万, 刘琦胜, 杨欣德. 2004. 西藏东巧蛇绿岩的地球化学特征及形成的构造环境. 现代地质, 18(3): 309~315.

于玉帅, 高原, 杨竹森, 田世洪, 刘英超, 曹圣华, 胡为正, 鄯海满. 2011. 西藏措勤尼雄矿田滚纳铁矿侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄与地球化学特征. 岩石学报, 21(7): 1949~1960.

游再平. 1997. 西藏丁青蛇绿混杂岩⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代学. 西藏地质,

(2): 24~30.

赵元艺, 宋亮, 樊兴涛, 等. 2009. 西藏申扎县舍索铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年代学及地质意义. 地质学报, 83(8): 1151~1157.

赵元艺, 崔玉斌, 吕立娜, 石登华. 2011. 西藏舍索矽卡岩型铜多金属矿床年代学与地球化学特征及意义. 岩石学报, 27(7): 2132~2142.

张哨波, 杜欣, 张景超, 孙丹. 2009. 西藏那曲县尤卡朗铅银矿床控矿条件与矿化分布规律. 华南地质与矿产, (1): 26~30.

Hou Zengqian, Yang Zhiming, Qu Xiaoming. 2009. The Miocene Gangdese porphyry copper belt generated during post-collisional extension in the Tibetan Orogen. Ore Geology Review, 31: 205~223.

Girardeau J, Marcoux J, Allegre C J, Bassoulet J P, Tang Youking, Xiao Xuchang, Zao Yougong, W Xibin. 1984. Tectonic environment and geodynam significance of the Neo-Cimmerian Dongqiao ophiolite, Bangong-Nujiang suture zone, Tibet. Nature, 307: 27~31.

Greatgandise Northern Tibet Metallogenic Series Study of Ore Deposits

LUO Mei¹⁾, PANG Fengchu²⁾, LI Juchu¹⁾, XU Zhizhong³⁾,
DENG Wuzhong⁴⁾, LI Guangqing³⁾, LIU Lijun⁶⁾

1) Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059;

2) Tibet Autonomous Region Geological Survey Institute, Lhasa, 850001;

3) Geology Fifth Team of Tibet Geological Prospecting Bureau, Golmud, Qinghai, 816000;

4) Geology Sixth Team of Tibet Geological Prospecting Bureau, Lhasa, 851400;

5) Tibet Geological Prospecting Bureau of Regional Geological Survey Team, Lhasa, 851400;

6) China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract

Information based on extensive investigation of mineral resources in recent years, the Tibet autonomous region and the Tibet autonomous regional mineral resources potential evaluation research on the system, detailed mineral resources information, writing discusses the Great gandise northern Tibet, (including the Bangonhu-Nujiang metallogenic belt, the North gandise metallogenic belt and Middle gandise metallogenic belt three metallogenic belts) of mineral geological characteristics and distribution regularity of mineralization and metallogenic series. The Bangonhu-Nujiang metallogenic belt including the early Yanshan (ocean basin forming period, such as Dongqiao Cr deposit) and Yanshan period (intracontinental subduction extrusion, such as Wusola Au deposit) magmatism related deposit metallogenic series and the Naqu-Lolung basin related to the Himalayan period fluid effect, such as Naduolong Pb deposit metallogenic series; Ore deposits are mainly distributed in the metallogenic belt of Shenza-Jiali line north (also known as the Gandise north ore belt), including the Yugula Ni deposit (early Yanshan, the magmatic rock type), the Shesuo Cu deposit (Yanshan period, mainly skarn type), Youcalarn-Angzhang Pb deposit (mainly yanshan period, hydrothermal type), and Elonga As deposit (early and late Yanshanian and Himalayan fluid-type transformation mainly) four areas where different types of ore deposit metallogenic series; Middle gandise metallogenic belt in the near east-west two metallogenic belt, and the Geiji-Xiongba-Wenbu ore-forming subzone north's of Yanshan period (such as Garqong CuAu ore deposit) Shiquanghe-Shengza arc-basin evolution stage of magmatic hydrothermal mineralization metallogenic series of ore deposits, the south's Langjiu-Tarochuo-Namuchuo ore-forming subzone Himalayan period (such as Jiagang WMoBi deposit) ore deposit metallogenic series of magmatic hydrothermal mineralization.

Key words: Tibet autonomous region; Great Gangdise metallogenic province; polymetallic deposit; metallogenic regularities of distribution of metallogenic series