

班公湖—怒江带、羌塘地块特提斯演化 与成矿地质背景

耿全如, 潘桂棠, 王立全, 彭智敏, 张 璋

GENG Quan—ru, PAN Gui—tang, WANG Li—quan, PENG Zhi—min, ZHANG Zhang

中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China

摘要: 早古生代—泥盆纪, 研究区沉积环境以陆棚碎屑岩相和碳酸盐台地相为主, 代表冈瓦纳大陆北缘和特提斯南侧的被动大陆边缘。石炭纪—二叠纪, 本区进入特提斯南、北缘弧盆系统演化阶段, 龙木错—双湖带北部、金沙江带南部和冈底斯带分别在石炭纪、二叠纪形成岩浆弧。中生代是特提斯南缘弧盆演化阶段, SSZ 型蛇绿岩形成岩浆熔离型铬、镍、铂族金属矿床和热液型金矿。班公湖—怒江带特提斯在中侏罗世至早白垩世向南、北两侧俯冲并形成岩浆弧, 该岩浆弧是重要的成矿带, 形成斑岩铜矿、矽卡岩型磁铁矿和热液型多金属矿床。北羌塘东段侏罗纪弧后前陆盆地有利于形成沉积型、沉积—热液改造型和热液型铁、铜、锑、金矿床。晚白垩世碰撞作用主要与热液型矿床有关, 分布范围较大, 也可能存在晚白垩世至新生代碰撞阶段的斑岩铜矿。

关键词: 羌塘地块; 班公湖—怒江成矿带; 特提斯演化; 成矿作用

中图分类号: P542⁺.4; P611

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)08-1261-14

Geng Q R, Pan G T, Wang L Q, Peng Z M, Zhang Z. Tethyan evolution and metallogenic geological background of the Bangong Co—Nujiang belt and the Qiangtang massif in Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(8):1261–1274

Abstract: Early Paleozoic—Devonian sediments of the study area are mainly composed of shelf clastic rocks and platform carbonate, representing the northern margin of Gondwana and south Tethyan passive continental margin. Permian—Carboniferous archipelagos were formed to the south and north of the Tethyan ocean, resulting in the formation of magmatic arcs to the north of the Longmuco—Shuanghu belt and the south of the Jinshajiang and in the Gangdise zone one after another. Mesozoic archipelagos occurred to the south of the Tethyan ocean, where Cr, Ni and Pt group metallic type deposits of magmatic segregation occurred in the SSZ—type ophiolite. Petrological and geophysical evidence supports a bilateral subduction scenario that resulted in arc magmatism to the north and south of the Bangong Co—Nujiang suture zone. These magmatic arcs are the most important metallogenic belt for porphyry copper deposits, skarn—type magnetite deposits and hydrothermal polymetallic deposits. The Jurassic back arc and foreland basin to the northeastern Qiangtang favored the formation of depositional and hydrothermal alteration Fe—Cu—Sb—Au deposits. In the collisional stage of Late Cretaceous—Cenozoic period, hydrothermal deposits were widely distributed, and this stage was also a stage with the potential to form porphyry copper deposits.

Key words: Qiangtang massif; Bangong Co—Nujiang suture zone; Tethyan evolution; metallogenesis

近年来的地质、矿产调查在班公湖—怒江成矿带西段的地质找矿工作取得突破, 引起广泛重视。实

际上地质调查工作在羌塘盆地东段的美多、各拉丹冬和唐古拉一带也有重要发现, 但由于自然、交通等

收稿日期: 2011-03-08; 修订日期: 2011-05-11

资助项目: 中国地调局青藏专项《班公湖—怒江成矿带基础地质综合研究》(编号: 1212011086068) 和国家自然科学基金项目《喜马拉雅东构造结 IYS 年代学研究》(批准号: 40773001)

作者简介: 耿全如(1963—), 男, 博士, 研究员, 从事岩石学和构造地质学研究。E-mail: gquanru@cgs.cn

条件的限制,这一带的重要成矿作用始终未得到重视,研究程度十分薄弱。

2007~2009 年,中国地质调查局在班-怒带西段日土—改则一带相继发现多龙大型富金斑岩铜矿,弗野、材玛富磁铁矿和众多矿(化)点。这些新近发现的矿床和矿点与班-怒带的中生代特提斯洋向北俯冲形成的岩浆弧有成因关系,南羌塘南缘存在一条早白垩世岩浆弧^[1-3]。在羌塘开展的区域地质调查发现,位于龙木错-双湖带、班-怒带之间的戈木日和角木日一带的石炭系、二叠系为增生杂岩带。该带由陆源深水—半深水复理石沉积岩、蛇绿岩块体、洋岛海山残片、高压变质带等组成,为一套弧前增生系统^[4]。南羌塘中生代盆地是不是在统一的晚古生代增生楔基底之上的残余盆地,是十分重要的成矿地质背景问题。另一方面,北冈底斯的昂龙岗日-班戈岩浆弧也发现早白垩世斑岩铜矿的线索^[1-2]。班-怒带南、北两侧的成矿岩浆弧是不是班-怒带特提斯双向俯冲的产物,也需要更多的证据。

2010 年,中国地调局在班-怒带西段和羌塘龙木错-双湖带部署了 8 个 1:5 万区调、4 个矿产远景调查项目和 2 个综合研究项目。2011 年,地调局在本区再次部署了 6 个 1:5 万区调、11 个矿产远景调查项目。这些项目旨在研究羌塘和班-怒带的特提斯演化问题并查明成矿地质背景、发现找矿线索。

实践证明,与班-怒带有关的矿床主要分布在南羌塘和北冈底斯带,但由于研究程度低,对班公湖-怒江成矿带的范围尚无一致意见。目前的班公湖-怒江成矿带主要指扎普-多不扎岩浆岩带和昂龙岗日-班戈岩浆岩带。一般认为这 2 条岩浆岩带是班-怒带特提斯洋俯冲、消减形成的岩浆弧,但实际情况可能更复杂。在扎普-多不扎岩浆岩带北部南羌塘盆地中的石龙、普格、利群山、加措等地仍断续分布规模不等的花岗岩体,并已发现相关的矿(化)点。这些花岗岩体是否与班-怒带特提斯向北的低角度、远距离俯冲有关尚不清楚。分布于羌塘盆地东段的各拉丹冬和唐古拉岩浆岩带位于班-怒带与金沙江结合带之间。龙木错-双湖蛇绿混杂带在这一带未见出露。从空间分布和形成时代看,各拉丹冬和唐古拉岩浆岩带也可能与班-怒带特提斯演化存在成因关系。虽然目前对班-怒带的地质矿产调查主要集中在西段,但鉴于上述原因,有必要对班-怒带和羌塘盆地东段的特提斯演化、成矿地质背景

进行综合研究。

笔者作为班-怒带地质矿产调查计划项目和综合研究项目成员,自 2008 年以来对羌塘盆地和班-怒带的地质、矿产资料进行了系统的研究和区域性图件编制。本文介绍对羌塘、班-怒带特提斯演化与成矿地质背景进行初步研究的阶段性进展。

1 主要构造单元

研究区北侧包括羌塘-三江造山系、龙木错-双湖蛇绿混杂带和南羌塘弧盆系,南侧为班公湖-怒江对接带、北冈底斯昂龙岗日-班戈岩浆弧和狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂带,总体构成广义的班公湖-怒江成矿带。构造单元的划分见图 1,其中南羌塘南缘、冈底斯北缘的岩浆弧和班公湖-怒江蛇绿岩带与成矿作用关系密切。

1.1 羌塘-三江造山系

羌塘-三江造山系的东段,根据地表的主要地质特征划分为巴颜喀拉地块、昌都地块等,为金沙江带特提斯洋在晚古生代俯冲、消减形成的一系列弧前盆地、岩浆弧、弧后盆地构造单元和碰撞后陆内挤压、陆内伸展背景下的裂陷或裂谷盆地。北羌塘盆地主体为中生代海相沉积,主要出露晚三叠世和雁石坪群地层,古生代地层仅在局部出露。北羌塘南缘的那底岗日—各拉丹冬一带,近年来发现那底岗日组(T_{2-3n})和鄂尔陇巴组(T_{3e})为海陆交互相火山-沉积岩系^[5-7]。对该火山岩带的构造背景尚有争论,但认为其总体具有陆缘弧的特征。

1.2 龙木错-双湖缝合带

该带在果干加年山和桃形湖地区出露典型的蛇绿混杂带,蛇绿岩由多个大小不一的构造混杂岩块组成,主要包括堆晶岩、基性岩墙群、玄武岩、斜长花岗岩、硅质岩等,总体上沿东西向呈长条状分布。近年来对该带蛇绿岩定年已经获得 502Ma、461Ma、431Ma、350Ma、348Ma、272Ma、280Ma 的年龄,表明龙木错-双湖板块缝合带至少存在早古生代、石炭纪、二叠纪 3 套不同时期的蛇绿岩^[8(3)]。位于龙木错-双湖带南侧的玛依岗日、戈木日和角木日一带的石炭系、二叠系具有增生杂岩的特点^[4],但早期可能存在地幔柱活动^[9]。该增生杂岩带为龙木错-双湖缝合带的南带。龙木错-双湖缝合带断续出露的榴辉岩、蓝片岩露头表明该带也是一条高压变质带^[4]。对榴辉岩、蓝片岩的变质年代学测试表明,龙木错-双湖

带特提斯闭合的时代为晚三叠世,该带为印支期缝合带^[8]。

1.3 南羌塘弧盆地

有证据表明南羌塘石炭纪、二叠纪时期主要为被动边缘和裂陷环境。晚古生代擦蒙组(C_{2c})、展金组(C_{2z})、曲地组(P_{1q})、龙格组(P_{1l})主要为浅变质砂板岩、冰海碎屑岩、碳酸盐岩等,夹变玄武岩层。南羌塘主体为侏罗纪海相盆地,包括曲色组(J_{1q})、色哇组(J_{2s})、布曲组(J_{2b})、夏里组(J_{3x})和索瓦组(J_{3s})。

南羌塘西段的利群山、丁固、加措一带分布着侏罗纪、白垩纪花岗岩带。岩体侵位于石炭系、二叠系和三叠系变质碎屑岩、碳酸盐岩中。该岩浆岩带规模较大,岩体分布较分散,但对它的成因、成矿作用和形成的构造背景、时代等研究很少。分布于南羌塘南缘的扎普-多不扎岩浆弧是近年来地质调查的热点,已发现多个大中型矿床^[10-11]。

1.4 班公湖-怒江缝合带

班公湖-怒江缝合带的南界为日土-改则-尼玛-丁青断裂,北界为班公湖-康托-兹格塘错-安多-丁青雪拉山断裂。该带主要由镁铁、超镁铁质构造岩片、古生代一中生代地层和微陆块构成。

古生代地层以大小不等的构造岩片的形式保存在蛇绿岩和中生代沉积组成的蛇绿混杂带中,主要包括东卡组(S_{1d})、达尔东组(D_{1d})、查果罗玛组(D_{2-3c})、下拉组(P_{2x})。这几套地层主要为灰岩、白云质灰岩、生物碎屑灰岩、砂屑灰岩等,代表冈瓦纳板块北缘被动边缘稳定沉积环境。

班-怒带中生代地层一般作为混杂带中的基质。这些中生代火山-沉积岩系代表弧前深水盆地复理石沉积(确哈拉群和木嘎岗日群)、洋盆闭合过程中形成的残余盆地沉积(沙木罗组)、火山弧(安多组、去申拉组)等。

班-怒带洋盆的属性和时代仍存在争议。尽管蛇绿岩在中、西段形成于侏罗纪,但在东段的碧土、丁青等地可能有晚古生代洋盆,并持续到早三叠世^[12-13]。

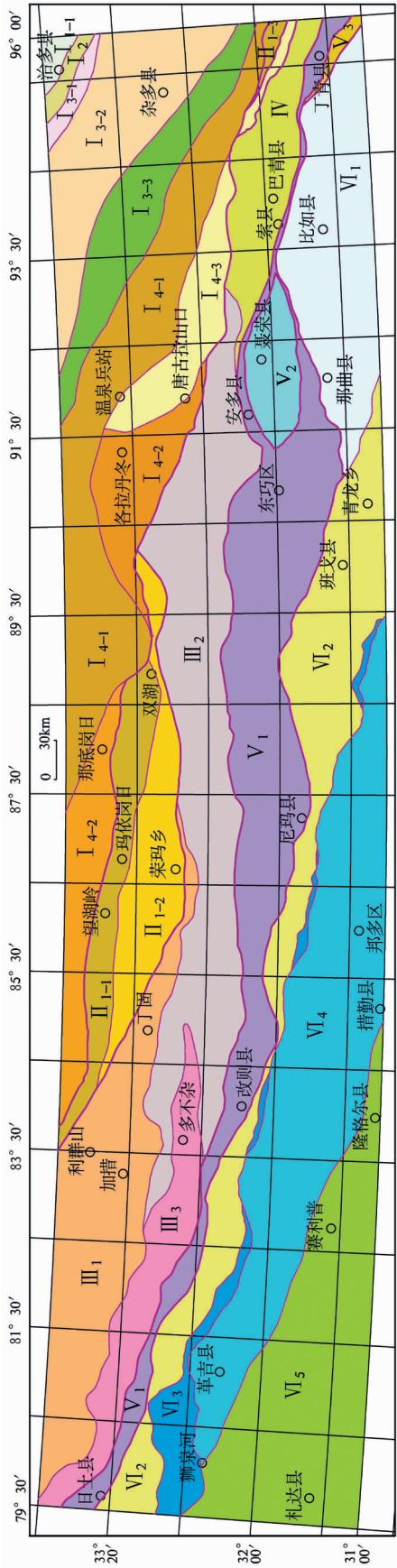


图 1 班公湖-怒江成矿带及邻区构造单元划分

Fig. 1 Tectonic units of the Bangong Co-Nujiang metallogenic belt and its neighboring areas

I—羌塘-三江造山系; I₁—玉龙塔格-巴颜喀拉前陆盆地; I₂—西金乌兰湖-金沙江-哀牢山结合带; I₃—昌都-兰坪地块; I₄—北羌塘-甜水海陆块;
II—龙木错-双湖-澜沧江蛇绿混杂岩带; II₁—龙木错-双湖-澜沧江蛇绿混杂岩带; II₂—南羌塘弧盆地; II₃—多玛地块; II₄—扎普-多不杂岩
浆弧带; IV—左贡地块; V—班公湖-怒江缝合带; V₁—班公湖-怒江蛇绿混杂带; V₂—嘉杂地块; V₃—嘉杂地块; V₄—班公湖-怒江缝合带; V₅—班公湖-怒江缝合带;
VI—前弧盆地; VI₁—昂龙岗日-班戈岩浆弧; VI₂—狮泉河-申扎岩浆弧; VI₃—措勤-申扎岩浆弧; VI₄—措勤-申扎岩浆弧; VI₅—班公湖-怒江缝合带

1.5 北冈底斯带

北冈底斯带包括昂龙岗日-班戈岩浆岩带、那曲弧前盆地和狮泉河-永珠蛇绿混杂带(图1)。该带北界为日土-改则-丁青断裂,南界为狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂带。

昂龙岗日-班戈岩浆岩带近东西向分布,包括早白垩世石英闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩,晚白垩世二长花岗岩、钾长花岗岩,始新世正长花岗岩、浅成的流纹斑岩等。岩体的围岩主要为查果罗马组($D_{2-3}c$)、拉贡塘组($J_{2-3}J$)、接奴群($J_{2-3}J$)、则弄群(K_1Z)、多尼组(K_1d)等。分布在那曲及其以东地区的那曲弧前盆地主要指侏罗纪的一套浊积岩沉积,以拉贡塘组为代表^[14]。

冈底斯带中部的狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂带东西向延伸超过1500km。典型的蛇绿混杂带出露于狮泉河、拉果错、阿索、永珠、纳木错等地。该带断续出露的地幔变质橄榄岩类、堆晶杂岩、辉绿岩墙、玄武岩、硅质岩等经历了不同程度的变质。据1:25万多巴区幅区调资料,晚侏罗世索尔橄榄石砂岩不整合覆盖在永珠蛇绿岩之上,蛇绿混杂带中的放射虫硅质岩含化石 *Acaeniotyle* sp. (J_2-K_2)、*Crucella* sp. (T_3-K_2) 和 *Parvicingula* sp. (J_2-K_2) 等。据此判断狮泉河-申扎-嘉黎带蛇绿岩的形成时代应为晚三叠世—早白垩世,构造侵位时间为晚白垩世^⑤。

2 特提斯演化

对特提斯的地质研究是经久不衰的热点。国外学者对特提斯构造演化的研究以板块构造、碰撞造山的经典理论和模式为基础,但有些重要问题难以解释。近年来中国学者提出“特提斯主洋盆”和“边缘多岛弧盆”模式,能更好地解释青藏高原的地质特征。

2.1 特提斯研究概述

根据 Suess 在 1893 年最初提出的定义,特提斯指中生代存在于欧亚大陆和冈瓦纳大陆之间的海域,在新生代闭合造山,形成阿尔卑斯和喜马拉雅造山带。特提斯的时、空范围后来均被地质学家扩大,将早古生代位于北半球的劳伦、波罗地、北极、西伯利亚、华夏地块群与位于南半球的冈瓦纳板块之间的海域称为元特提斯(Proto-Tethys)。元特提斯在泥盆纪闭合造山,在劳亚大陆南缘形成海西早期褶皱带^[18]。随着元特提斯的萎缩,从晚志留世开始,从冈瓦纳板块北缘裂离出 Hun 地块群,并形成古特提

斯洋(Paleo-Tethys)。中国华北、塔里木、北羌塘等地块为亚洲 Hun 地块群的一部分。石炭纪末,古特提斯洋西段关闭,形成欧洲海西造山带主体,并在早二叠世短暂的时期内形成泛大陆 Pangea。古特提斯东段在晚三叠世闭合,形成印支期造山带。

冈瓦纳板块在晚二叠世向北裂离出基麦里地块群(Cimmerian terranes),包括土耳其中部、伊朗中部、南阿富汗、南帕米尔、羌塘、拉萨地块、滇缅泰马(Sibumasu)等小地块。所谓新特提斯,是指中生代存在于基麦里地块群和冈瓦纳之间的洋盆,在新生代闭合。现存的地中海、里海、黑海和墨西哥湾为新特提斯闭合之后残留的小洋盆^[19]。

在中国和东南亚一带,古生代昆仑带、龙木错-双湖带、金沙江带、云南昌宁-孟连带和泰国北部的芳县-清迈结合带为古特提斯缝合带^[20-22]。龙木错-双湖蛇绿混杂带可能与澜沧江结合带相连,在印支期闭合造山^[8,23-26]。以班公湖-怒江带和雅鲁藏布江带为代表的中生代蛇绿混杂带是形成于古特提斯之后的新特提斯洋盆^[27-29]。

特提斯演化的板块构造和碰撞造山经典模式对有些重要问题难以解释。青藏高原已发现20多条蛇绿岩带,并非仅存在元、古、新3条特提斯缝合带。蛇绿岩一般为SSZ(俯冲带上叠)型,并非形成于典型的大洋环境。龙木错-双湖蛇绿岩带的时代跨越早古生代至二叠纪,难以用古特提斯或元特提斯解释。在普遍认同的雅鲁藏布江新特提斯蛇绿岩带中,发现晚泥盆世洋岛残余^[30],也难以用单一的中生代新特提斯洋盆解释。蛇绿岩与广泛分布的增生楔混杂带共生。针对这些问题,中国学者在大量的区域地质调查资料的基础上,提出了“多岛弧盆系”、“一个特提斯大洋、两个大陆边缘”和增生型造山等模式^⑦,能够更好地解释青藏高原的地质特征,对于正确认识与班-怒带有关的成矿地质背景十分重要,也有利于丰富和发展板块构造理论。

特提斯是 Rodinia 超大陆在早古生代裂解之后形成并持续到新生代的大洋。青藏高原现存的诸多蛇绿混杂带任何一条都不能代表完整的特提斯大洋扩张脊,只是增生带中边缘海盆地残余或部分洋壳残余。特提斯洋北部的康西瓦-南昆仑-玛多-玛沁带和羌塘-三江带分别为早古生代和晚古生代边缘增生弧盆系。特提斯南缘的冈底斯和雅鲁藏布江、班公湖-怒江蛇绿岩带代表中生代增生

边缘弧盆系。

2.2 研究区早古生代—泥盆纪演化阶段

早古生代—泥盆纪演化阶段显示了研究区从被动大陆边缘、裂陷边缘到特提斯洋盆的演化过程(图2)。

北羌塘地块主要出露上三叠统和侏罗系雁石坪群,古生代地层仅在局部出露。据1:25万区调资料^[8-10],北羌塘地块局部出露的本阶段的地层主要为平沙沟组(D_{1p}),岩性以灰岩和细碎屑岩为主,代表稳定的被动边缘海盆。

龙木错—双湖构造带和南羌塘地区近年来新发现的早古生代和泥盆纪地层^{[10][31]},包括下古拉组(O_{1x})、塔石山组(O_{2-3t})、三岔沟组(S_s)和长蛇山组(D_{ch}),岩性以结晶灰岩和变质细碎屑岩为主。在班—怒带和冈底斯北部,早古生界—泥盆系主要包括扎杠组(O_{1z})、柯尔多组(O_{2-3k})、刚木桑组(O_{2-3g})、申扎组(S_{1s})、德吾卡下组(S_{1-2d})、扎弄俄马组(S_{3-4z})、达尔东组(D_{1d})和查果罗马组(D_{2-3c})。这些地层在冈底斯北部分布较少,岩性以碳酸盐岩为主,属于陆棚、陆表海沉积。

本阶段为特提斯洋盆演化和俯冲阶段。从北、南羌塘,班—怒带和冈底斯地块的地层和岩石学特点看,早古生代至泥盆纪为特提斯洋盆被动边缘陆棚和碳酸盐台地环境,发育陆源细碎屑岩建造和碳酸盐岩建造。羌塘中部的龙木错—双湖带蛇绿岩究竟是特提斯主洋盆的残余还是仅为增生边缘的小洋盆残余,尚需研究。该阶段特提斯洋盆活动边缘位于羌塘以北的“秦祁昆”早古生代弧盆系^[32-34]。

2.3 石炭纪、二叠纪演化阶段

北羌塘地块在石炭纪、二叠纪仍以稳定的碳酸盐台地沉积为主,以瓦垄山组(C_{1-2w})、长蛇湖组(P_{1ch})和雪源河组(P_{2x})为代表。但在北羌塘东、北缘,由于金沙江洋盆的俯冲、消减,形成了火山弧和弧后、弧间盆地火山—沉积建造,以孕笛考组(P_{2g})、诺日巴日保组(P_{2n})和九十道班组(P_{2j})为代表。晚二叠世热觉察卡组(P_{3r})出现长石石英砂岩、含细砾粗砂岩和含炭质页岩夹煤线组合,代表隆升过程。

本阶段在龙木错—双湖带、南羌塘和班公湖—怒江带、冈底斯带出现弧盆系统(图1),目前主要有以下几个方面的证据。

(1)在龙木错—双湖带中发现的年龄为348Ma、356Ma的斜长花岗岩具有埃达克岩的特征,因此推断古特提斯洋可能在早石炭世开始消减^[3-4]。

(2)龙木错—双湖带以南的角木日—双湖一带,二叠纪玄武岩具有洋岛玄武岩的地球化学特征^[35-36]。野外可见灰岩覆盖在玄武岩之上,或互层,构成典型的洋岛结构(图版I-1)。野外观察发现,这一带石炭纪擦蒙组和展金组主要为深水—半深水复理石沉积岩。石炭系中广泛分布的基性岩墙群和玄武岩为碱性系列,属地幔柱成因的板内基性岩类,时代为318~284Ma^[9]。角木日—双湖一带的石炭系—二叠系具有增生杂岩的特点,由陆源深水—半深水复理石沉积岩、洋岛残片、浅水碳酸盐岩建造等组成^[4]。因此,推测龙木错—双湖古特提斯洋可能在早石炭世开始向北的俯冲消减,在该带南侧形成成熟洋壳和弧前增生楔(图2)。

(3)在角木日—双湖增生杂岩以南的南羌塘,广泛分布着晚三叠世—侏罗纪海相盆地沉积,其下是否存在石炭纪—二叠纪的增生楔基底,还需要进一步研究。在南羌塘西段多玛、日土和羌多地区,广泛分布的石炭系、二叠系主要为浅变质砂板岩、冰海碎屑岩、碳酸盐岩等,代表较稳定的沉积环境,称为多玛地块(图1)。

(4)在班公湖—怒江带,早古生代—泥盆纪持续伸展、裂陷,石炭纪可能在局部地段形成局限洋盆。班—怒带东段的丁青、碧土一带的确存在石炭纪至早三叠世的蛇绿岩^[12-13]。冈底斯中带以洛巴堆组为代表的二叠纪火山—沉积建造具有初始岩浆弧的特征^[37-38],那曲一带嘎加组(T_{2-3g})和确哈拉群(T_3Q)浊积岩具有弧前盆地的沉积特征^[33]。因此,班—怒带东段在石炭纪出现的初始洋盆于二叠纪开始向南俯冲消减,并持续到晚三叠世。二叠纪—三叠纪是特提斯南侧多岛弧盆系统的初步形成阶段(图2)。有人提出班—怒带东段在晚三叠世可能发生过闭合,侏罗纪重新扩张^[39],但需要更多的证据。

2.4 中生代演化阶段

二叠纪—三叠纪是特提斯演化的重要转化阶段,在经典理论中,是古特提斯向新特提斯转换的阶段。特提斯北侧的“羌塘—三江多岛弧盆系”、龙木错—双湖和才玛尔错—角木日多岛弧盆系统在二叠纪大规模消减、萎缩,于三叠纪逐渐闭合。晚三叠世发生大规模的印支运动,使上古生界褶皱,造成华南、华北、羌塘和塔里木地块之间闭合、造山,形成印支期高压变质带^[40],羌塘—三江多岛弧造山系增生到扬子大陆边缘,构成亚洲大陆板块的一部分(图2)。

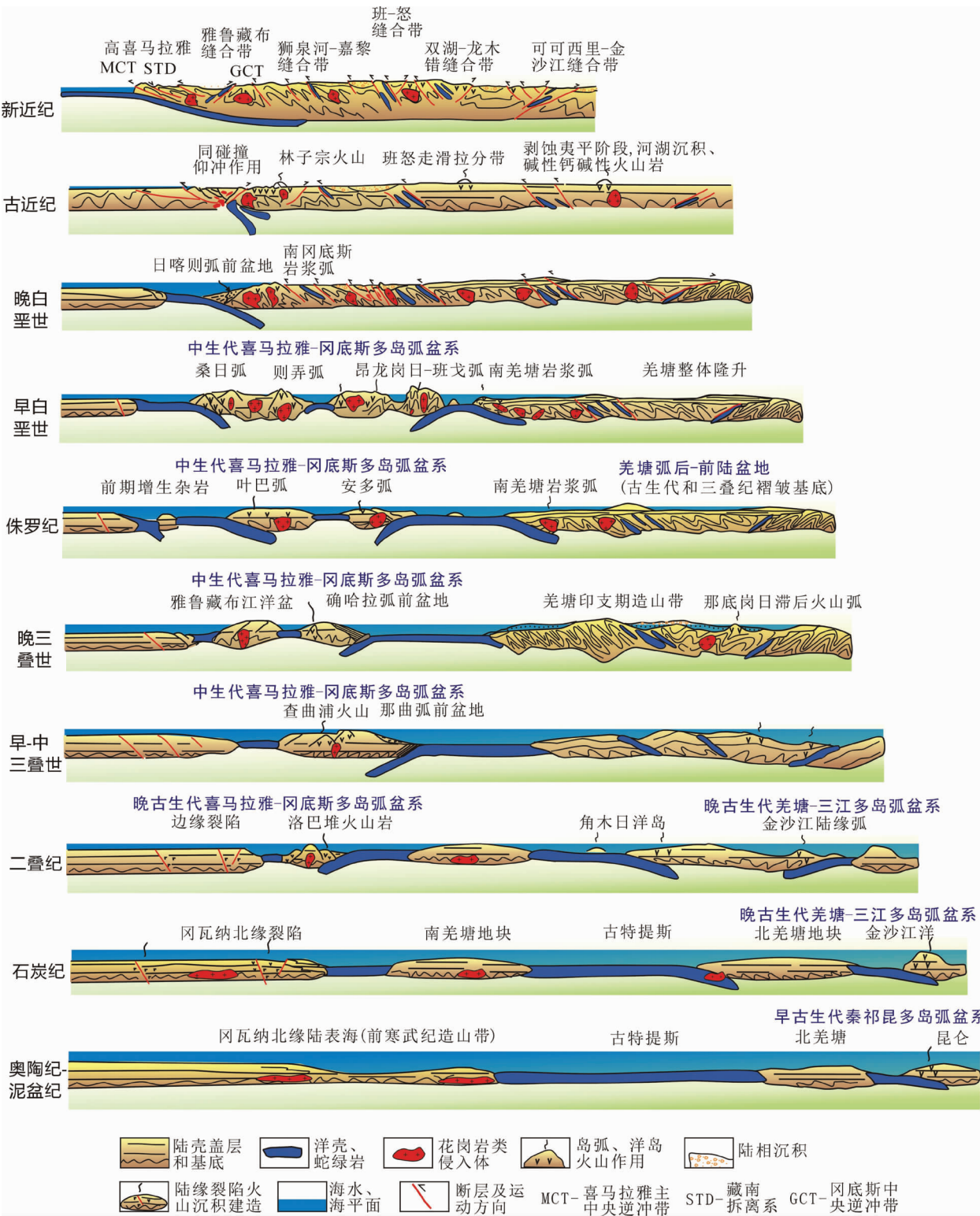


图 2 班-怒带和羌塘地块特提斯演化示意图 (根据笔者的综合研究成果和参考文献[15-17](6)汇编)

Fig. 2 Diagrammatic map showing Tethys evolution of Bangong Co-Nujiang metallogenic belt and Qiangtang massif

晚三叠世末,由于全球海平面的下降和区域性构造隆升,金沙江和龙木错-双湖洋盆闭合,造成晚三叠世地层与下伏地层的不整合,局部隆升成陆。在果干加年山及其以北,晚三叠世望湖岭组以生物礁灰岩、细砂岩、硅质粉砂岩为主,底部夹有流纹岩,具有残余海盆的沉积特征。望湖岭组角度不整合于果干加年山蛇绿混杂岩之上^[41-42]。龙木错-双湖缝合带以北局部出露的上三叠统称为菊花山组,为含菊石、珊瑚等的灰岩。该带东段(土门格拉隆起带)为碎屑岩夹煤系地层,称为土门格拉群,代表海陆交互环境的沉积建造。在龙木错-双湖缝合带南带(角木日-肖查卡洋岛增生杂岩带),三叠纪海盆中可见洋岛型火山-沉积建造,以孜狮桑组(T_1z)、肖查卡组(T_3x)为代表。肖查卡组顶部广泛发育风化壳,那底岗日组火山-沉积建造沉积超覆在该套风化壳之上^[6]。由于北羌塘盆地南、北两侧在晚三叠世的隆升和造山作用,之上沉积的侏罗纪雁石坪群具有弧后前陆盆地的沉积特点。

在南羌塘地区,三叠纪仍为海相盆地,形成欧拉组($T_{1-2}o$)、日干配错群(T_3R)灰岩和碎屑岩夹玄武岩建造,是代表被动陆缘裂陷环境还是增生楔之上的岛海环境,尚未进行过研究。上三叠统之上不整合覆盖着侏罗纪海相沉积。从岩性和岩石组合特点看,南羌塘侏罗纪盆地主要具有弧后盆地的性质,但其南缘的部分地段具有增生楔混杂带的特征,有利于斑岩铜矿的形成^{〔1〕}。

侏罗纪—早白垩世,由于班公湖-怒江洋盆的扩张和随后的南、北向俯冲,本区进入弧盆系统演化阶段,在南羌塘南缘形成日土-弗野岩浆弧、多龙岩浆弧等。唐古拉花岗岩带是不是班-怒带向北俯冲形成的岩浆弧,尚需要研究。在班-怒带南部形成昂龙岗日-班戈岩浆弧。龙木错-双湖带部分地段处于隆升、剥蚀状态。侏罗纪—早白垩世是与班-怒带俯冲、消减有关的主要成矿期。南羌塘近年来地质调查的最大进展是

在其南缘的日土-材玛-弗野和多龙一带发现与成矿作用密切相关的岩浆岩带^[1,43-46],形成于中侏罗世和早白垩世。

羌塘和冈底斯地区在晚白垩世均隆升成陆,造成陆相的上白垩统阿布山组(K_{2a})和竞柱山组(K_j)与下伏地层不整合。

3 成矿地质背景和成矿有利地段

成矿地质背景主要指矿床形成时的地质环境,包括大地构造背景、岩浆作用、沉积环境、变质作用、地质构造等对矿床形成的影响。对本区成矿地质背景的研究有助于地质找矿项目的部署和实施。班-怒带、羌塘地块特提斯演化与成矿作用密切相关。特提斯洋盆形成阶段,形成与镁铁、超镁铁岩有关的铬、镍和铂族金属矿床;在俯冲阶段形成与岩浆弧有关的斑岩铜矿、磁铁矿;在弧后前陆盆地阶段,北羌塘东部的唐古拉-仓来拉一带形成沉积-热液改造型锑、铁、铜、金等矿床;在碰撞阶段,成矿作用以形成热液型铜、银等多金属矿床为主。

图版 I Plate I



1. 角木日—双湖地区二叠纪洋岛结构(灰岩覆盖在玄武岩之上,角木日东约25km处)



2. 乌奖—吉普三队之间展金组岩石特征(左图:含砾板岩和千枚岩中含丰富的菱铁矿;右图:吉普三队花岗岩体侵入展金组中,形成强烈的红柱石角岩化、褐铁矿化蚀变带)

3.1 结合带内的主要成矿作用

班-怒带特提斯在侏罗纪、白垩纪为洋盆演化阶段,形成与蛇绿岩中镁铁、超镁铁岩相关的岩浆熔离型矿床,晚期形成热液蚀变岩型金矿和冲积砂金矿。洋壳镁铁、超镁铁岩和深海沉积岩是重要的成矿物质来源。

(1) 与蛇绿岩有关的铬-镍和贵金属成矿作用

蛇绿岩带中典型矿床为岩浆熔离型铬铁矿和铂族金属矿床,已在东巧、依拉山、丁青、切里湖等地发现这类矿床。超镁铁岩中的岩浆熔离型硫化镍矿化是近年来在班-怒带蛇绿岩中发现的新的矿化类型^[47-48]。据研究,SSZ 型蛇绿岩中易于形成铬、镍和铂族矿物,晚期热液作用也可形成镍硫化物和铂族矿床,相比之下,MORB 型蛇绿岩成矿不明显^[49]。俯冲带环境中上地幔部分熔融程度高,氧逸度的变化、温度、压力和岩浆混合有利于形成铬铁矿,而铂族矿物是在多次熔融过程中形成的。班-怒带和狮泉河-嘉黎带 SSZ 型蛇绿岩中岩浆熔离型铬铁矿和铂族金属有一定的找矿前景。

(2) 结合带内热液型金矿成矿作用

班-怒带中砂金矿点广泛分布,但仅在达查沟一带发现岩金矿床,其中尼玛县屋素拉岩金矿是此类矿床的代表。达查金矿区由西向东现已发现屋素拉、4941 高地、4767 高地、罗布日俄么和曲翁嘎日东拉 5 个金矿点,矿化类型均以蚀变绢云板岩和蚀变闪长玢岩型为主,石英脉型为辅,主要围岩为绢云板岩和闪长玢岩,围岩蚀变以黄铁绢英岩化、碳酸盐化和硅化为主^[45]。经研究认为,金主要来自 3 个源区:一是班-怒带特提斯洋壳镁铁、超镁铁岩类,是金的主要来源;二是木嘎岗日群深海沉积物;三是中酸性岩浆岩和岩浆期后热液,它们提供成矿物质运移和富集的流体^[50-51](12-13)。班-怒带和狮泉河-嘉黎蛇绿混杂带是砂金矿密集分布的地段,具有岩金良好的成矿地质条件。

3.2 俯冲阶段花岗岩浆弧铁-铜-金成矿作用

班-怒带北侧扎普-多不扎岩浆弧(包括日土-弗野带和多龙带)和南侧的昂龙岗日-班戈岩浆弧均与成矿作用关系密切,是目前班公湖-怒江成矿带地质、矿产调查的重点地段。

(1) 日土-弗野岩浆弧

班-怒带北侧日土-弗野岩浆岩带分布范围从日土县北部五峰尖、吉普、卡易错、拉热拉新、常木

错、埃永错、扎普到弗野一带,东西延长超过 200km。该带已发现弗野富磁铁矿、材玛铁锰多金属矿床和若干矿点^[1],目前为班-怒带西段最重要的成矿带。

该带主要由断续出露的中小型花岗岩、石英闪长玢岩、花岗斑岩体组成。花岗岩体的围岩为二叠纪曲地组、吞龙共巴组、龙格组和晚三叠世日干配错群,以碳酸盐岩类为主,形成矽卡岩型磁铁矿。花岗岩类属于高钾钙碱性系列和钾玄岩系列,具有典型的岩浆弧花岗岩的特征^[1-2](14)。

笔者对材玛成矿岩体进行了年代测试,获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄 $164.0\text{Ma} \pm 1.8\text{Ma}$ (MSWD=1.8)、全岩 Rb-Sr 等时线年龄 $163.5\text{Ma} \pm 2.0\text{Ma}$ 、黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线年龄 $164.43\text{Ma} \pm 1.62\text{Ma}$ (MSWD=0.00)。对弗野成矿岩体进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年,结果为 $130\text{Ma} \pm 1.4\text{Ma}$ ^[15]。据此推测材玛和弗野成矿岩体形成于中侏罗世和早白垩世 2 期,并非原先认为的仅限于早白垩世^[16]。

初步研究认为,日土-弗野一带广泛出露的展金组(C_2P_z)和曲地组(P_1q)均为含铁较高的碎屑岩,可能提供了部分铁的成矿物源。展金组主要岩性为中厚层状板岩、粉砂质泥岩等,夹薄层状钙质泥岩、泥灰岩等,局部地段夹含砾板岩和菱铁矿结核,风化面形成褐铁矿铁帽(图版 I-2)。在曲地组上段发现一套厚约 100m 的似层状赤铁矿层^[17]。另据笔者的测试结果,本带花岗岩的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 为 0.7037~0.7102,平均 0.7074; $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 -8.81~-4.36,平均 -6.568。说明本带的花岗岩类主要来源于地壳重熔。

(2) 多龙岩浆弧

多不扎和波龙一带含铜金矿斑岩体为隐伏、浅成的钾玄岩-高钾钙碱性系列的花岗闪长斑岩、闪长玢岩和花岗斑岩。岩体的围岩为曲色组(J_1q)和色哇组(J_2s)。年代学测试结果表明,斑岩体形成于早白垩世(110~120Ma)^[52]。大量的岩浆岩岩石学研究证实,该岩浆岩带为俯冲、消减形成的岩浆弧^[45-46,53]。

多龙花岗斑岩类的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 值为 0.70639~0.70665, $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 -2.09~-2.65^[53]。与日土-弗野花岗岩带相比,多龙斑岩体主要来源于更多的俯冲洋壳重熔,铜金主要来源于洋壳。

曲色组和色哇组为薄至中层状细粒石英砂岩、粉砂岩、深灰至灰黑色页(泥)岩等,上部出露枕状、块状玄武岩,并被硅质岩覆盖,玄武岩层上部可见辉绿岩。据探槽和局部露头观察,玄武岩类成层性不明

显。剖面上、下部位分别出现2层枕状熔岩,熔岩总厚度约150m,由于覆盖严重,其间有无碎屑岩夹层尚不清楚。在多龙矿区东部的拉布错至赛角一带,侏罗纪碎屑岩中含超镁铁岩岩块。从岩石组合和沉积环境分析,曲色组和色哇组沉积环境为深水陆棚—盆地斜坡。这套细碎屑岩与枕状玄武岩、辉绿岩墙等组合代表弧前增生楔盆地环境。从太平洋东部成矿规律看,增生岩浆弧中有利于斑岩型铜金矿的形成,这方面的研究较深入^[54-59]。但是从最新的1:5万地质调查进展看,多龙一带具有弧前增生楔特点的曲色组和色哇组向东、西两侧的延续范围有限⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾,在改则洞错以北和亭贡地区都未发现曲色组和色哇组中存在火山岩夹层。

(3) 昂龙岗日-班戈岩浆弧

该带为冈底斯北部的燕山期岩浆岩带,北界为日土-改则-丁青断裂,南界为狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂带。从西到东,该岩浆弧大体可分为狮泉河-昂龙岗日岩浆弧、班戈火山岩浆弧和伯舒拉岭火山岩浆弧。该带早白垩世形成钙碱性火山岩和石英闪长岩、花岗闪长岩、英云闪长岩,为班-怒带特提斯向南俯冲消减形成的岩浆弧,这方面有充分的地球化学证据^[52,60]。晚白垩世为闭合、同碰撞阶段,形成黑云母花岗岩、二长花岗岩和钾长花岗岩系列。

该带西段狮泉河—昂龙岗日—盐湖一带,为东西向延伸超过200km的白垩纪花岗岩带。早白垩世俯冲期花岗闪长岩侵入到由砂质板岩复理石夹灰岩透镜体、放射虫硅质岩和基性火山岩组成的侏罗纪、白垩纪增生杂岩之中(接奴群 $J_{2-3}J$ 、拉贡塘组 $J_{2-3}J$ 、则弄群 K_1Z 等),是以增生杂岩为基底的增生弧,对斑岩型成矿系统有较好的找矿前景。目前在叉查卡一带原定的早白垩世花岗岩岩基中解体出含铜矿化的斑岩体⁽²⁰⁾。在班公湖南侧最近也发现斑岩型铜矿化⁽²⁾。该带成矿地质背景与多龙斑岩铜矿类似,找矿前景优越。

该带东段的班戈-青龙乡岩浆岩带也具有增生弧的特征。俯冲成因的岩浆岩除了早白垩世花岗岩类外,还包括达过火山岩、去申拉组、多尼组等火山-沉积建造。该带成矿类型以接触交代型和火山热液型铜、金矿为主,成矿时代可能也为早白垩世。该带已发现矿点、矿化点数十个,包括班戈县青龙乡矽卡岩型铅锌矿点、拉青铜矿点、桑日矽卡岩型金铜矿、插虚果棚矽卡岩型含铜磁铁矿等^[5,12]。

3.3 北羌塘弧后前陆盆地沉积-热液改造型铁-铜-锑-金成矿作用

如前所述,北羌塘地块在晚古生代总体以被动边缘环境为主。由于金沙江特提斯洋盆的俯冲、消减,北羌塘地块在二叠纪主要为弧后盆地,三叠纪南、北羌塘地块拼贴并转化为隆起区和残余海盆的格局,侏罗纪成为弧后前陆盆地。北羌塘东段的美多、各拉丹冬、唐古拉、仓来拉和杂多一带具有良好的成矿地质背景。这一带石炭纪的陆缘裂陷环境和二叠纪—三叠纪的弧盆系统均形成广泛分布的火山-沉积建造,为侏罗纪弧后前陆盆地中的沉积型、沉积热液改造型矿床提供了成矿物质来源。在北羌塘盆地东段侏罗纪沉积盆地中,来自杂多群(C_1Z)和加麦弄群(C_2J)的大量源区物质被带入盆地沉积,Fe和具变价性、亲硫性的有色金属Cu、Pb、Zn离子在酸性介质和氧化条件下可富集成矿,在碱性介质和还原条件下,由于有机质的吸附作用,也可富集成矿⁽²¹⁾。巴贡组(T_3bg)和雁石坪群中的雀莫组(J_4q)、索瓦组(J_5s)也是Sb、Cu、Fe、Au等成矿物质的源区⁽²²⁻²³⁾。

北羌塘盆地东段富含Cu、Fe、Au等成矿元素的碎屑岩地层,晚白垩世被大规模的同碰撞花岗岩侵入。这种地质背景有利于沉积-热液改造型矿床的形成。分布于唐古拉—仓来拉一带的晚白垩世花岗质侵入体与成矿的关系最为密切,它们不但提供了成矿所需的热源和流体,而且可能还提供了部分成矿物质。

北羌塘东段美多—唐古拉—仓来拉一带已发现的矿床(点)有数十处,包括美多大型锑金矿,当曲大型菱铁矿床,永曲菱铁矿和镜铁矿,查吾拉铜矿,杂多县旦荣铜矿,巴斯错鄂贡玛镜铁矿点,唐古拉山南部的铜、银、铅、锌多金属矿点等。沉积型、沉积-热液改造型、热液型矿床构成本区最重要的铁-铜-锑-金成矿系列。

3.4 碰撞阶段花岗岩带铁-铜-铅-锌多金属成矿作用

在特提斯演化过程中,晚三叠世和晚白垩世是弧盆系闭合、碰撞造山的2个主要时期,其中晚白垩世形成大量的花岗岩类侵入体。晚三叠世花岗岩体主要分布在北羌塘东段的金沙江带和澜沧江带附近。晚白垩世碰撞期花岗岩除了分布在大型岩浆岩带外,在班-怒带、羌塘盆地中也有零散分布。在冈底斯北部的昂龙岗日-班戈花岗岩带和班-怒带中,

晚白垩世花岗岩与岩浆期后热液型和矽卡岩型矿床关系密切,例如鲁玛磁铁矿点、桑日金铜矿点、青龙乡铅锌矿点等。巴基斯坦西北的 Kohistan 岩浆弧中,热液型铜矿成矿时代为晚白垩世和始新世^[61]。

昂龙岗日-班戈花岗岩带,岩浆弧和碰撞阶段的花岗岩类均与热液型多金属成矿作用相关,如赵元艺等^[62]报道的冈底斯北带的早白垩世矽卡岩型铜多金属矿,河北地调院在班戈南部白垩纪花岗岩与拉贡塘组碎屑岩的接触带中发现多个热液型磁铁矿、银铅多金属矿及金等矿(化)点^[24]。

在班-怒带内,晚白垩世花岗岩类与热液型金矿的关系密切,如屋素拉金矿^[50]。在北羌塘盆地中,零散分布的晚白垩世花岗岩体也有显著的成矿作用,如木乃铜-银矿^[25]。

4 讨论

在特提斯演化过程中,特提斯北部晚古生代的活动边缘弧盆系统与北羌塘东段的成矿作用密切相关,而特提斯南缘的中侏罗世—早白垩世岩浆弧和边缘海盆的形成、演化,则是班-怒带西段最重要的成矿阶段。成矿地质作用是特提斯演化的重要组成部分,也是本区地质矿产综合研究的重点。

4.1 地球物理

地球物理资料显示班-怒带洋壳向北俯冲到南羌塘和左贡地块之下。在重力异常图(图3)上,班-怒带表现为较连续的正异常带,与该带为基性、超基性岩分布区一致。但在该带北部的日土—材玛、羌多—物玛—多龙和聂荣—索县—巴青地区,形成3个向北凸出的三角形重力正异常区,并与班-怒带重力正异常区连为一体,说明班-怒带的特提斯洋壳向北俯冲到南羌塘—左贡地块之下。但是,似乎这3个区域存在向北俯冲的特征,其它大部分地段不明显。重力异常图也未显示班-怒带有明显向南俯冲的迹象,但也可能为高角度短距离俯冲。这些特征暗示班-怒带为小型洋盆局部、有限的俯冲和消减。

在航磁异常图(图3)中,多龙和昂龙岗日-班戈增生岩浆弧显示断续分布或孤岛状的正异常区,并与显著的负异常区相间分布。其中正异常区与花岗岩体对应,负异常区则暗示厚度较大的增生楔复理石沉积。除此之外,加措、利群山、各拉丹冬—唐古拉—仓来拉等地也具有类似于增生弧的航磁图像特点。在材玛、弗野一带,航磁异常未显示正、负相间的

格局,不具增生弧的特征。

4.2 活动边缘岩浆弧与成矿作用

活动大陆边缘(包括岛弧和陆缘弧)岩浆弧是最重要的成矿带。全球三大主要成矿带——环太平洋成矿带、特提斯成矿带和古亚洲洋成矿带,都是在活动大陆边缘—造山带演化的基础上形成的。全球大部分斑岩铜矿、低温热液型金矿等均与活动边缘岩浆弧有关,全球3/4的超大型斑岩铜矿分布在太平洋东岸,与中生代岩浆活动有成因联系^[55,57]。

岩浆弧是班-怒带最重要的成矿带,其中斑岩型铜矿、矽卡岩型铁矿等是最重要的矿床类型。班公湖—怒江结合带南、北两侧在侏罗纪至早白垩世具有未碰撞增生型造山带的特点^[63-64],表现为俯冲作用形成的岩浆弧型花岗(斑)岩类侵入到弧前增生盆地复理石碎屑岩中。这种地质背景有利于形成斑岩铜矿,因为岩浆系统在相对封闭的体系中上升、结晶分异、与地壳混染,有利于形成含矿斑岩^[65]。根据地质特征和重力、航磁异常,班-怒带北侧的多龙—加措一带、聂荣—仓来—巴青一带和南侧的昂龙岗日—盐湖、班戈一带为有利于形成斑岩铜金矿的增生弧,也是今后地质矿产调查的重点。总体上班-怒带向北的俯冲虽然仅在部分地区有所表现,但影响的距离较远,推测为低角度、长距离的俯冲,而班-怒带南侧的昂龙岗日-班戈岩浆弧距离班-怒带相对较近,推测为高角度、短距离的俯冲。

唐古拉花岗岩带的成因是另一个值得关注的课题。该带从各拉丹冬、唐古拉、仓来拉至丁青北部东西延伸超过330km,南北宽度为10~30km。近年来的地质矿产调查重点集中在班-怒带西段,而对该岩浆岩带的研究十分薄弱。1:25万区调初步认为该花岗岩的形成时代可能以白垩纪为主,但也可能存在晚三叠世的岩体⁽²²⁻²³⁾。东段的他念他翁花岗岩带中还发现晚二叠世花岗岩体⁽²⁶⁾。龙木错—双湖—澜沧江蛇绿混杂带在这一带未见出露,该花岗岩带实际上位于班-怒带和金沙江带之间,并可能是多期侵入形成的。该花岗岩带的形成时代是否与班-怒带或金沙江带的俯冲、消减有关,以及该带的成矿作用等问题,尚需系统的调查。

4.3 班-怒带与特提斯斑岩铜矿带区域对比

目前的地质调查和相关研究认为,班-怒带南北两侧的成矿作用主要发生于中侏罗世和早白垩世,受控于俯冲、消减形成的岩浆弧。班-怒带是否

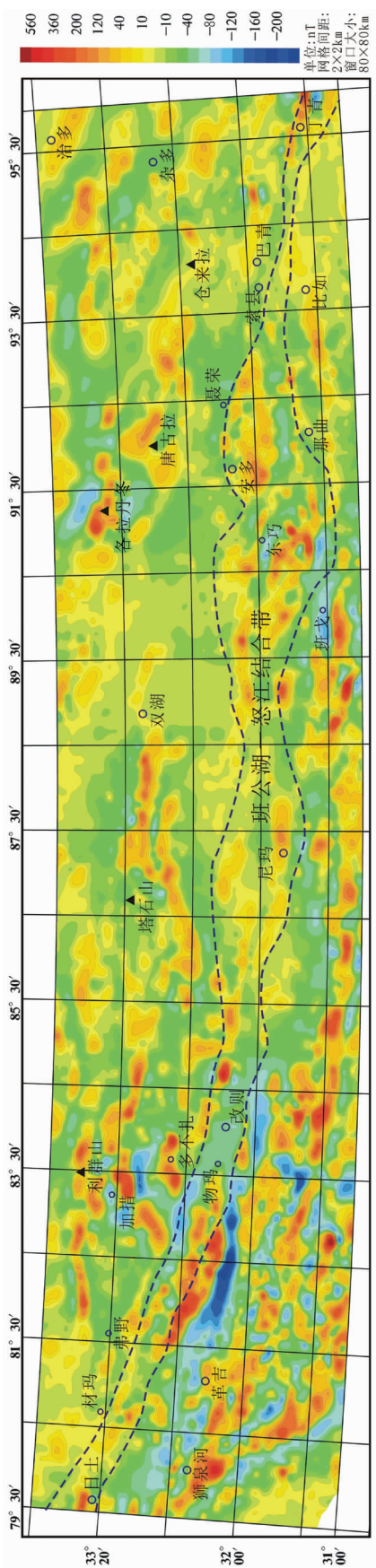
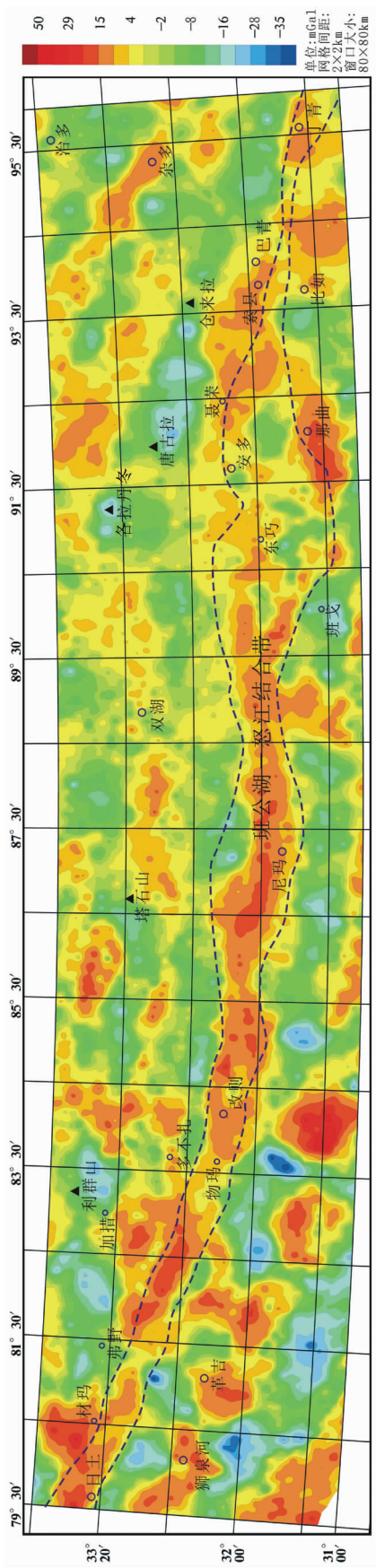


图 3 班公湖-怒江带及邻区重力 and 航磁异常
Fig. 3 Gravity and aeromagnetic anomalies of the Bangong Co-Nujiang metallogenic belt and its neighboring areas

存在类似于南冈底斯带的特提斯闭合之后的陆内成矿作用,尚不清楚。根据年代学测试,有人认为班-怒带特提斯的闭合时代为 145Ma,班-怒带斑岩铜矿形成于碰撞后的地壳隆升阶段^[3,53,66]。但班-怒带中早白垩世还普遍存在洋岛,尚处于洋盆发展阶段^[36,67-68]。陆相环境的上白垩统与下伏地层的普遍不整合才是班-怒带特提斯闭合的标志。

在班-怒带本身和南北两侧的岩浆岩带中均存在古近纪和新近纪花岗岩、花岗斑岩侵入体,并已发现相关的矽卡岩型矿化点(如班戈县雪如多金属矿化点和棋玛锡矿化点),但尚未发现新生代的含矿斑岩。与班-怒带相邻的南冈底斯斑岩铜矿带形成于陆内环境,为后碰撞伸展阶段的产物,成矿时代为 12~18Ma^[69]。但最新的研究表明,冈底斯北部已发现时代约为 90Ma 的成矿斑岩,青藏高原在约 90Ma 有一期重要的岩浆与成矿活动^①。班-怒带与南冈底斯带之间成矿地质背景的巨大差异尚需研究。据张洪瑞等^[70-71]的综合研究,土耳其和伊朗中部的 Anatolides-Zagros 斑岩铜矿带向东可与巴基斯坦的 Chagai 斑岩铜矿带对比,时代均为中新世(10~20 Ma)。芮宗瑶等^[72-73]认为中国班-怒带可与该带相连。另外土耳其北部 Pontides 斑岩铜矿带成矿时代为 65~77Ma^[70]。区域对比表明,班-怒带中有存在晚白垩世—新生代碰撞期斑岩铜矿的可能,为本带今后的地质找矿开阔了前景。

5 结 论

本文在已经完成的 1:25 万区域地质调查取得的资料和正在实施的 1:5 万地质矿产调查进展的基础上进行综合分析,在班-怒带、羌塘地块的特提斯演化和成矿地质背景方面取得以下初步认识。

(1)在特提斯主洋盆和多岛弧盆系统的模式中,本区特提斯演化可分为早古生代—泥盆纪、石炭纪—二叠纪和中生代 3 个演化阶段。早古生代—泥盆纪本区沉积环境以陆棚碎屑岩和碳酸盐台地为主,代表冈瓦纳大陆北缘和特提斯南侧的被动大陆边缘。特提斯北部形成“秦祁昆”早古生代弧盆系统。石炭纪—二叠纪本区进入特提斯南、北缘弧盆系统演化阶段,龙木错—双湖带北部、金沙江带南部和冈底斯带分别在石炭纪、二叠纪形成岩浆弧。中生代是特提斯南缘的弧盆演化阶段,在班-怒带南、北两侧形成弧盆系统,晚白垩世特提斯闭合,进入陆内阶段。

(2)班-怒带特提斯在中侏罗世和早白垩世向南北两侧俯冲、消减并形成岩浆弧,不但有岩石学方面的证据,也有地球物理方面的证据。

(3)特提斯洋盆和岩浆弧演化与成矿作用密不可分。在结合带中,SSZ 型蛇绿岩形成岩浆熔离型铬、镍、铂族金属矿床和热液型金矿。班-怒带南北两侧在中侏罗世和早白垩世俯冲、消减形成的岩浆弧是最重要的成矿带,形成斑岩铜矿、矽卡岩型铁矿和热液型多金属矿床。北羌塘东段的侏罗纪弧后前陆盆地有利于形成沉积型、沉积—热液改造型、热液型铁—铜—锑—金矿床,成矿物质来源于北羌塘北、东缘石炭纪—三叠纪弧盆系统环境中形成的火山—沉积建造。

(4)晚白垩世的碰撞主要与热液型矿床有关,分布范围较大,也可能存在晚白垩世和新生代碰撞阶段的斑岩铜矿。

致谢:在项目研究和成文过程中得到西藏地质调查院刘鸿飞、曾庆高教授级高级工程师,吉林大学李才、董永胜教授,中国地质大学王根厚、李德威教授和成都地质调查中心李光明、尹福光研究员的指导和帮助。在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]廖六根,曹圣华,肖业斌,等.班公湖—怒江结合带北侧陆缘火山—岩浆弧带的厘定及其意义[J].沉积与特提斯地质,2005,25(1/2):163-170.
- [2]曹圣华,邓世权,肖志坚,等.班公湖—怒江结合带西段中特提斯多岛弧构造演化[J].沉积与特提斯地质,2006,26(4):25-32.
- [3]曲晓明,王瑞江,辛洪波,等.西藏西部与班公湖特提斯洋盆俯冲相关的火成岩年代学和地球化学[J].地球化学,2009,38(6):523-635.
- [4]王根厚,韩芳林,杨运军,等.藏北羌塘中部晚古生代增生杂岩的发现及其地质意义[J].地质通报,2009,28(9):1181-1187.
- [5]白云山,李莉,牛志军,等.羌塘中部各拉丹冬一带鄂尔陇巴组火山岩特征及其构造环境[J].地球学报,2005,26(2):113-120.
- [6]王剑,付修根,陈文西,等.北羌塘沃若山地区火山岩年代学及区域地球化学对比——对晚三叠世火山—沉积事件的启示[J].中国科学(D 辑),2008,38(1):33-43.
- [7]付修根,王剑,谭富文,等.青藏高原羌塘盆地东部鄂尔陇巴组火山岩的锆石 SHRIMP U—Pb 年龄及其地质意义[J].地质通报,2009,28(5):561-567.
- [8]李才,程立人,胡克,等.西藏龙木错—双湖古特提斯缝合线研究[M].北京:地质出版社,1995:1-45.
- [9]王明,李才,翟庆国,等.青藏高原羌塘南部晚古生代地幔柱?——来自基性—超基性岩的地球化学证据[J].地质通报,2010,29(12):1754-1772.
- [10]曲晓明,侯增谦,黄卫.冈底斯斑岩铜矿(化)带:西藏第二条“玉

- 龙”铜矿带?[]]. 矿床地质, 2001,24(4): 354-366.
- [11]谢国刚,谢琳,曹圣华,等. 西藏西部班公湖铁铜多金属矿带的成矿特征与远景评估[]]. 地质通报, 2009, 28(4): 538-545.
- [12]尹光侯,侯世云. 西藏碧土地区怒江缝合带基本特征与演化[]]. 中国区域地质, 1998,17(3): 247-254.
- [13]王玉净,王建平,刘彦明,等. 西藏丁青蛇绿岩特征、时代及其地质意义[]]. 微体古生物学报,2002,19(4):417-420.
- [14]李光明,雍永源. 藏北那曲盆地中—上侏罗统拉贡塘组浊流沉积特征及微量元素地球化学[]]. 地球学报, 2000,21(4):373-378.
- [15]潘桂棠,陈智梁,李兴振,等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京:地质出版社,1997:1-184.
- [16]Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen[]]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2000,28:211-280.
- [17]Geng Q R, Pan G T, Zheng L L, et al. The Eastern Himalayan syntaxis: major tectonic domains, ophiolitic mélanges and geologic evolution[]]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006, 27: 265-285.
- [18]Cavazza W, Roure F, Spakman W, et al. The transmed atlas the Mediterranean region from crust to mantle[M]. Springer, Bologna, Paris, Utrecht, Lausanne, and Basle, 2004:60-80.
- [19]甘克文. 特提斯域的演化和油气分布[]]. 海相油气地质, 2000, 5(3/4): 21-29.
- [20]钟大赉. 滇川西部古特提斯造山带[M]. 北京: 科学出版社,1998: 1-231.
- [21]冯庆来, Chonglakmani C, Helmcke D, 等. 泰国西北部掸地地块内部古特提斯远洋残迹: 放射虫生物地层学证据[]]. 中国科学(D 辑), 2004,34(5): 429-435.
- [22]冯庆来, 杨文强, 沈上越,等. 泰国北部清迈地区海山地层序列及其构造古地理意义 []]. 中国科学 (D 辑), 2008,38 (11):1354-1360.
- [23]李才. 龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带与石炭二叠纪冈瓦纳北界[]]. 长春地质学院学报, 1987,17(2): 155-166.
- [24]李才,翟庆国,董永胜,等. 青藏高原羌塘中部榴辉岩的发现及其意义[]]. 科学通报, 2006,51(1):70-74.
- [25]李才. 青藏高原龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带研究二十年[]]. 地质论评,2008, 54(1): 104-119.
- [26]王立全,潘桂棠,李才,等. 藏北羌塘中部果干加年山早古生代堆晶辉长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄——兼论原-古特提斯洋的演化[]]. 地质通报, 2008,27(12):2045-2056.
- [27]莫宣学, 潘桂棠. 从特提斯到青藏高原形成:构造-岩浆事件的约束[]]. 地学前缘,2006, 13(6):43-51.
- [28]Shi R D, Yang J S, Xu Z Q, et al. The Bangong Lake ophiolite (NW Tibet) and its bearing on the tectonic evolution of the Bangong-Nujiang suture zone[]]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32: 438-457.
- [29]耿全如,彭智敏,张璋. 雅鲁藏布江大拐弯蛇绿岩变基性岩类岩石地球化学再研究[]]. 地质通报, 2010,29(12): 1781-1794.
- [30]Dai J G, Wang C S, Hébert R, et al. Late Devonian OIB alkaline gabbro in the Yarlung Zangbo Suture Zone: Remnants of the Pale-o-Tethys?[]]. Gondwana Research, 2011, 19(1): 232-243.
- [31]程立人,陈寿铭, 张以春. 藏北羌塘南部发现早古生代地层及意义[]]. 地球科学,2007, 32(1): 53-59.
- [32]边千韬, 李涤徽, 高山林, 等. 初论秦祁昆缝合系[]]. 地质学报,2001, 75(4):569-569.
- [33]潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[]]. 地质通报, 2002,21(11): 701-707.
- [34]樊光明, 雷东宁. 祁连山东南段加里东造山期构造变形年代的精确限定及其意义[]]. 地球科学, 2007,32(1): 39-44.
- [35]翟庆国, 李才, 黄小鹏. 西藏羌塘中部角木日地区二叠纪玄武岩的地球化学特征及其构造意义[]]. 地质通报,2006,25(12):1419-1427.
- [36]朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学, 等. 青藏高原中部中生代 OIB 型玄武岩的识别:年代学、地球化学及其构造环境[]]. 地质学报,2006, 80(9): 1312-1328.
- [37]耿全如,王立全,潘桂棠,等. 西藏冈底斯带洛巴堆组火山岩地球化学及构造意义[]]. 岩石学报, 2007,23(11):2699-2714.
- [38]Geng Q R, Sun Z M, Pan G T, et al. Origin of the Gangdise (Transhimalaya) Permian arc in southern Tibet: Stratigraphic and volcanic geochemical constraints[]]. Island Arc, 2009,18: 467-48.
- [39]陈玉禄, 张宽忠, 李关清, 等. 班公湖-怒江结合带中段上三叠统确哈拉群与下伏岩系角度不整合关系的发现及意义[]]. 地质通报, 2005,24(7):621-624.
- [40]Roger F, Jolivet M, Malavieille J. Tectonic evolution of the Triassic fold belts of Tibet[]]. Geoscience, 2008, 340: 180-189.
- [41]李才,翟庆国,董永胜,等. 2007. 青藏高原羌塘中部果干加年山上三叠统望湖岭组的建立及意义[]]. 地质通报,2007,26(8):1003-1008.
- [42]李才,翟庆国,陈文,等. 青藏高原龙木错-双湖板块缝合带闭合的年代学证据——来自果干家年山蛇绿岩与流纹岩 Ar-Ar 和 SHRIMP 年龄制约[]]. 岩石学报, 2007, 23(5):911-918.
- [43]冯国胜,廖六根, 陈振华, 等. 西藏西部日土县材玛铁多金属矿地质特征及找矿意义[]]. 地质通报, 2006,25(1/2): 267-272.
- [44]冯国胜, 陈振华, 廖六根, 等. 西藏日土地区弗野玢岩铁矿的地质特征及找矿意义[]]. 地质通报, 2007,26(8): 1041-1047.
- [45]李光明, 李金祥, 秦克章, 等. 西藏班公湖带多不杂大型富金斑岩铜矿的高温高盐高氧化成矿流体: 流体包裹体证据[]]. 岩石学报, 2007, 23(5): 935-952.
- [46]李金祥, 李光明, 秦克章, 等. 班公湖带多不杂富金斑岩铜矿斑岩-火山岩的地球化学特征与时代: 对成矿构造背景的制约[]]. 岩石学报,2008, 24(3): 531-543.
- [47]曲晓明, 赵元艺, 王瑞江, 等. 西藏班公湖-怒江成矿带发现硫化镍矿[]]. 矿床地质, 2009, 28(6): 729-736.
- [48]江军华,王瑞江,曲晓明,等. 西藏班公湖岛弧带含硫化镍超基性岩的源区性质与基底背景[]]. 矿床地质, 2009,28(6): 793-820.
- [49]Yumul Jr G P, Balce G R. Supra-subduction zone ophiolites as favorable hosts for chromitite, platinum and massive sulfide deposits[]]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1994,10(1/2): 65-79.
- [50]肖润, 李胜荣, 傅璐珈, 等. 西藏尼玛县达查金矿床同位素地球化学研究[]]. 现代地质, 2002,16(2): 165-169.
- [51]李胜荣, 肖润, 周肃, 等. 西藏改则地区金成矿作用[]]. 矿床地质, 2005,24(1): 1-14.
- [52]余宏全,李进文,马东方,等. 西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-

- Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义[J]. 矿床地质, 2009,28(6): 737-746.
- [53]辛洪波,曲晓明,王瑞江,等.藏西班牙湖斑岩铜矿带成矿斑岩地球化学及 Pb、Sr、Nd 同位素特征[J]. 矿床地质, 2009,28(6):785-792.
- [54]Müller D, Forrestal P. The shoshonite porphyry Cu-Au association at Bajo de la Alumbrera, Catamarca Province, Argentina[J]. Mineralogy and Petrology,1998, 64:47-64.
- [55]夏斌, 陈根文, 王核. 全球超大型斑岩铜矿床形成的构造背景分析[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(增刊): 87-95.
- [56]Chiaradia M, Fontbote' L, Beate B. Cenozoic continental arc magmatism and associated mineralization in Ecuador[J]. Mineralium Deposita, 2004, 39: 204-222.
- [57]Laznicka P. Giant metallic deposits, future sources of industrial metals[M]. Springer Berlin Heidelberg, 2006: 81-152.
- [58]Marschik R, Söllner F. Early Cretaceous U-Pb zircon ages for the Copiapó plutonic complex and implications for the IOCG mineralization at Candelaria, Atacama Region, Chile[J]. Mineralium Deposita, 2006,41:785-801.
- [59]Vallance J, Fontboté L, Chiaradia M, et al. Magmatic-dominated fluid evolution in the Jurassic Nambija gold skarn deposits(southeastern Ecuador)[J]. Mineralium Deposita, 2009, 44:389-413.
- [60]朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学,等. 冈底斯中北部晚侏罗世一早白垩世地球动力学环境:火山岩约束[J]. 岩石学报, 2006, 22(3): 534-546.
- [61]Tahirikheli T, Shah T M, Khan A M. Genesis of copper mineralization in the western Kohistan island arc terrane, NW Himalaya Hindukush, N Pakistan[J]. 地学前缘,2000, 7(增刊): 410-411.
- [62]赵元艺, 宋亮, 樊兴涛, 等. 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[J]. 地质学报, 2009,83(8): 1550-1558.
- [63]李继亮. 增生型造山带的基本特征[J]. 地质通报, 2004,23(9): 947-951.
- [64]袁四化,王立全,江新胜,等. 多岛海(洋)及多岛弧盆系造山模式解析造山带演化的研究进展[J].地质科技情报, 2009, 28(5): 1-11.
- [65]Richards J P, Boyce A J, Pringle M S. Geologic evolution of the Escondida area, northern Chile: a model for spatial and temporal location of porphyry Cu mineralization[J]. Economy Geology, 2001,96: 271-305.
- [66]曲晓明, 辛洪波. 藏西班牙湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. 地质通报, 2006,25(7): 792-799.
- [67]王忠恒, 王永胜, 谢元和, 等. 西藏班公湖-怒江缝合带中段塔仁本洋岛型玄武岩的发现及地质意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2005,25(1/2): 155-162.
- [68]鲍佩声, 肖序常, 苏犁, 等. 西藏洞错蛇绿岩的构造环境: 岩石学、地球化学和年代学制约[J]. 中国科学(D 辑),2007, 37(3): 298-307.
- [69]侯增谦, 潘小菲, 杨志明, 等. 初论大陆环境斑岩铜矿[J]. 现代地质, 2007,21(2): 332-351.
- [70]张洪瑞, 侯增谦, 宋玉财, 等. 斑岩铜矿床在东特提斯成矿域中的时空分布特征[J]. 地质学报, 2009,83(2): 1818-1837.
- [71]张洪瑞, 侯增谦, 杨志明, 等. 特提斯成矿域主要金属矿床类型与成矿过程[J]. 矿床地质, 2010,29(1): 113-133.
- [72]芮宗瑶, 陆彦, 李光明, 等. 西藏斑岩铜矿的前景展望[J]. 中国地质, 2003,30(3): 302-308.
- [73]芮宗瑶, 李光明, 张立生, 等. 西藏斑岩铜矿对重大地质事件的响应[J]. 地学前缘, 2004,11(1): 145-152.
- (1) 刘鸿飞. 西藏冈底斯成矿带构造岩浆演化与成矿作用研究. 青藏高原地质矿产调查与评价专项(西藏片区)2010 年成果交流会, 2010.
- (2)中国地质大学(武汉).西藏日土地区 1:5 万区域地质调查设计书. 2010.
- (3)胡培远. 羌塘蛇绿岩研究进展——对古特提斯洋演化的制约.青藏高原地质矿产调查与评价专项(西藏片区)2010 年成果交流会, 2010.
- (4)张修政, 董永胜,李才. 羌塘中部高压变质带的研究进展及存在问题. 青藏高原地质矿产调查与评价专项(西藏片区)2010 年成果交流会, 2010.
- (5)吉林省地调院. 1:25 万多巴区幅地质图和区域地质调查报告.2003.
- (6)袁四化. 冈底斯带中段北部早白垩世火山岩及其大地构造意义. 中国地质科学院博士学位论文, 2009.
- (7)潘桂棠, 王立全, 张万平, 等. 青藏高原及邻区大地构造图说明书(1:1500000). 青藏高原基础地质调查成果集成和综合研究归档成果, 成都地调中心, 2010.
- (8)成都地质矿产研究所. 1:25 万江爱达日那幅地质图和区域地质调查报告.2005.
- (9)成都地质矿产研究所. 1:25 万吐错幅地质图和区域地质调查报告. 2005.
- (10)吉林大学. 1:25 万玛依岗日幅地质图和区域地质调查报告.2005.
- (11)耿全如.西藏班公湖-怒江构造带基础地质综合研究主要工作进展. 青藏高原地质矿产调查与评价专项(西藏片区)2010 年成果交流会, 2010.
- (12)西藏地调院. 1:25 万班戈县幅地质图和区域地质调查报告.2002.
- (13)西藏地调院. 1:25 万改则县幅地质图和区域地质调查报告.2006.
- (14)张璋. 班怒带北侧日土-弗野-多不杂燕山期岩浆弧构造演化. 中国地质大学(武汉)硕士学位论文, 2010.
- (15)田毅. 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜(金)、铁矿床岩石地球化学特征研究. 吉林大学硕士学位论文, 2009.
- (16)江西省地调院. 1:25 万日土县幅和羌多幅地质图和区域地质调查报告.2004.
- (17)江西省地调院.日土弗野地区 1:5 万区域地质调查设计书.2010.
- (18)成都理工大学. 1:5 万改则东地区区域地质调查设计书.2010.
- (19)西藏地调院. 西藏青草山地区 1:5 万矿产远景调查项目总体设计及 2010 年工作方案.2010.
- (20)西藏地调院. 西藏叉茶卡地区矿产远景调查项目总体设计及 2010 年工作方案.2010.
- (21)青海省地调院. 1:25 万杂多县幅地质图和区域地质调查报告.2005.
- (22)中国地质大学(北京).1:25 万安多县幅地质图和区域地质调查报告.2005.
- (23)中国地质大学(北京).1:25 万仓来拉幅地质图和区域地质调查报告.2005.
- (24)河北省地调院. 1:5 万班戈南地区 4 幅区域地质调查设计书.2010.
- (25)西藏第五地质队. 西藏安多县木乃铜银矿普查成果与认识. 青藏高原地质矿产调查与评价专项(西藏片区)2009 年成果交流会,2009.
- (26)西藏地调院. 1:25 万丁青县幅地质图和区域地质调查报告.2005.